



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Tecnología Electrónica.

PROYECTO FIN DE CARRERA

OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LABORATORIO DE PROTÉSICO DENTAL

Autor: Federico Ramón San Andrés Cabañas

Tutor: Prof. D. Carlos Marcos Lucas

Leganés, Septiembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Carlos Marcos Lucas del Departamento de Tecnología Electrónica el ofrecimiento a tutelarme el proyecto final de carrera y toda la ayuda proporcionada a lo largo del mismo.

Al igual que agradezco al tribunal la oportunidad que se me brinda de presentar el proyecto.

También agradezco a todo el equipo de Migros Dental S.A. la gran oportunidad que me ofreció para realizar este proyecto, en especial a Mario Tebar, quién abanderó el proyecto desde el inicio y quién me motivó para realizar este trabajo.

No me olvido de todas los amigos y personas que he conocido a lo largo de mi carrera universitaria, en especial a Laura Cora, quién sin ella no habría superado los difíciles desafíos que se han propuesto.

Correspondo con mi más sincera gratitud a mi familia por haberme proporcionado absolutamente todo lo necesario para poder llegar al día de hoy.

A continuación expongo un par de frases que me han servido a lo largo de mi vida y de mi carrera:

Estar preparado es importante, saber esperar lo es aún más, pero aprovechar el momento adecuado es la clave de la vida.

Arthur Schnitzler

Cuando uno empieza a resolver un problema, las primeras soluciones que uno se encuentra son muy complejas, y la mayoría de la gente se detiene allí. Pero si uno sigue, y uno vive con el problema y le quita más capas a la cebolla, muchas veces uno se encuentra con unas soluciones muy simples y elegantes. La mayoría de las personas no invierte el tiempo o la energía para llegar a eso.

Steve Jobs

RESUMEN

En este proyecto se pretende buscar y encontrar ventajas competitivas a través de la planificación estratégica de un laboratorio protésico dental. El propósito del proyecto es el de controlar la producción para aumentar la productividad, y disminuir costes.

Era necesario recopilar toda la información acerca del laboratorio, tanto en su parte más corporativa como son su misión y objetivos corporativos, su gama de productos, profundizando en el tipo de organización para el diseño, planificación de producción, así como el control y la capacidad de producción en la planta de manufactura, distinguiendo las diversas técnicas e ingenierías utilizadas.

Una vez conocido el entorno, se pone en marcha una planificación integral estratégica de la producción, proyectando de unas estrategias corporativas que permitirán rediseñar los procesos de fabricación en proyectos mediante el programa Microsoft Project. Obteniendo unos resultados en tiempos de producción, costes totales y costes por producto que serán evaluados para su optimización según las necesidades de la dirección del laboratorio.

De esta manera, se sellan las conclusiones del proyecto en comparación con los objetivos planteados inicialmente. Incluso al final del proyecto plantean algunas de las posibilidades de mejora y márgenes de utilización que puede tener el proyecto más allá del actual presentado.

En resumen, con este proyecto se pretende mejorar el conocimiento propio y los rendimientos de la empresa a nivel de producción y de organización

ABSTRACT

What the Project pretends is to search and find important advantages from a strategy planification plan on a dental manufacturing lab. The purpose is to control the production line, stepping up the productivity levels and taking down product costs.

It was necessary to compile all corporative information of the company, such as objectives and all different types of products, going deeply into design model, planification plan, control and capacity production on the manufacture plant.

Once known how it works the laboratory, it is time to initiate the integral strategy production plan. Will be projected some corporatives and well calculated strategies. These will be very useful to redesign manufacturing processes with Microsoft project programme, getting time production results, total costs and individual product costs. After that, all have been optimizing following direction necessities.

Finally, the Project results have been compared with the inicial objetives proposed. In addition there are descrived some open possibilities for the Project.

To sum up, the entire project tries to improve the proper knowledge and efficiency of the laboratory production and company organization.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.

- 1.1. Introducción.**
- 1.2. Motivación.**
- 1.3. Objetivos Principales.**
- 1.4. Fases de Desarrollo.**
- 1.5. Medios para el Proyecto.**
- 1.6. Esquema de la Memoria.**

2. LABORATORIO PROTÉSICO DENTAL.

- 2.1. Introducción.**
 - 2.1.1. Historia de Migros Dental.**
 - 2.1.2. Organización del laboratorio.**
 - 2.1.3. Gama de productos.**
- 2.2. Misión y Objetivos de la Dirección.**
- 2.3. Análisis D.A.F.O.**
- 2.4. Ingeniería de Diseño**
 - 2.4.1. Modelo del proceso de diseño.**
 - 2.4.2. CAD**
- 2.5. Planificación y Control de la Producción.**

- 2.5.1. Tipos de Planificación.
- 2.5.2. Análisis de Demanda y Producción.
- 2.5.3. Plan Maestro de Producción, MPS.
- 2.5.4. Plan de Requerimiento de Materiales, MRP.
- 2.5.5. Control de Actividades de Producción.
- 2.6. Capacidad del Laboratorio.
- 2.7. Planta de fabricación
 - 2.7.1. Ingeniería Básica.
 - 2.7.2. Ingeniería Detallada.
- 2.8. Conclusiones del capítulo

3. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Estrategias Corporativas y Competitivas.
- 3.3. Rediseño de Estrategias.
- 3.4. Proyectos.
- 3.5. Evaluación y Selección de Estrategias.
- 3.6. OPTIMIZACIÓN: Conclusiones.

4. CONCLUSIONES.

- 4.1. Conclusiones Finales.

5. TRABAJOS FUTUROS.

- 5.1. Trabajos Futuros.

6. PRESUPUESTO.

- 6.1. Presupuesto Final

7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

ÍNDICE GENERAL

7.1. Bibliografía.

7.2. Referencias.

8. Anexos

8.1. Anexo I: Hojas de ruta.

8.2. Anexo II: Uso de recursos en proyectos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Stand ExpoDental febrero 2012 Fuente: Migros Dental S.A.	Pag 8.
Figura 2. Distribución jerárquica del laboratorio. Elaboración propia.	Pag 10.
Figura 3. Vitrina de muestra con toda la gama de piezas. Fuente: Migros Dental S.A.	Pag 11.
Figura 4. Proceso de Ingeniería de diseño en una empresa. Fuente: [REGH-CIM]	Pag 16.
Figura 5. Modelo de diseño de productos y procesos. Fuente: [REGH-CIM]	Pag 18.
Figura 6. Simulación CAD /CAM. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 19.
Figura 7. Ficha de control de cada pieza. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 20.
Figura 8. Fichero CAD. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 21.
Figura 9. Modelo MPC, secciones Fuente: [REGH-CIM]	Pag 23.
Figura 10. Modelo MPC, Niveles Fuente: [REGH-CIM]	Pag 23.
Figura 11. Producción piezas 2011 Elaboración propia	Pag 26.
Figura 12. Producción mensual en 2011 Migros dental Elaboración propia	Pag 27.
Figura 13. Producción semanal en 2011 Migros dental. Elaboración propia	Pag 28.
Figura 14. Ejemplo de variación en la fabricación de piezas. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 30.
Figura 15. Materia prima, discos de metal y zirconio. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 33.
Figura 16. Aplicación de material cerámico con pincel. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 33.
Figura 17. Repasado para cerámica. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 35.
Figura 18. Chorreado. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 35.
Figura 19. Chorreado y opaco wash. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 36.
Figura 20. Opaco normal. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 36.
Figura 21. Preparación CAM. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 36.
Figura 22. Fresado Zirconio. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 36.
Figura 23. Montaje cera primera capa. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 38.
Figura 24. Diagrama GANTT, metal cerámica por cera perdida. Elaboración propia	Pag 40.
Figura 25. Diagrama GANTT, ejemplo de sobreasignación de recursos. Elaboración propia.	Pag 41.
Figura 26. Redistribución de recursos para tareas sobreasignadas. Fuente MS Project 2010.	Pag 41.
Figura 27. Soldadura de adición. Fuente: Migros dental.	Pag 46.
Figura 28. Fabricación pilares de implante mediante programa CAM. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 47.
Figura 29. CNC ULTRASONIC 10 (SAUER). Fuente: Migros dental S.A.	Pag 48.
Figura 30. Pirámide de sistemas de fabricación flexible. Fuente: [REGH-CIM]	Pag 49.
Figura 31. Flexibilidad en la fabricación de implantes y material de titanio. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 50.
Figura 32. Flexibilidad en la manipulación de partes y material zirconio.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Fuente: Migros dental S.A.	Pag 50.
Figura 33. Repasado final a corona de zirconio. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 51.
Figura 34. Paleta de tonalidades de esmalte dentario. Fuente: Migros dental S.A.	Pag 52.
Figura 35. Tipo de fabricación por bloques. Elaboración propia	Pag 57.
Figura 36. Calendarios Estándar y Proyecto. Elaboración propia	Pag 59.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipo de recursos humanos asociados a su sección correspondiente. Fuente: Mirgos dental S.A.	Pag 9.
Tabla 2. Análisis D.A.F.O. Elaboración Propia	Pag 13.
Tabla 3. Producción de 2011. Fuente: Mirgos dental S.A.	Pag 25.
Tabla 4. Costes materiales del laboratorio anuales de 2011. Elaboración propia	Pag 32.
Tabla 5. Indices,secciones y salarios de los recursos del laboratorio. Elaboración propia	Pag 42.
Tabla 6.recursos humanos del laboratorio. Elaboración propia	Pag 45.
Tabla 7a. Tabla resumen de proyectos a estudio. Elaboración Propia	Pag 56.
Tabla 7b: Definición breve del tipo de proyecto. Elaboración propia	Pag 56.
Tabla 8. Tabla resumen de comparación de proyectos. Elaboración Propia	Pag 79.

ABREVIATURAS

D.A.F.O.: Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.

CAD: Computer Aid Design, ayuda al diseño computerizado.

CAM: Computer Aid Manufacture. Ayuda a la producción computerizado

MPS: Master Production Schedule, plan maestro de producción.

MRP: Material Requirement Planning, plan de requerimiento de materials.

PAC: Production Control Activities, control de producción de actividades.

CNC: Control Numérico Computerizado

MPC: Manufacturing Planning and Control

MPS: Master Production Schedule.

CRP: Capacity Requirement Plan. Planificación de Requisitos de Capacidades

CN: Control Numérico.

CND: control numérico Directo.

SFF: Sistemas de Fabricación Flexible.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Este proyecto trata sobre la búsqueda de ventajas competitivas a través de la planificación estratégica en un laboratorio protésico dental. El proyecto pretende controlar la producción para aumentar la productividad, disminuir costes, a la vez que se recopila información internamente vital para la empresa para aumentar el control sobre la misma. De esta manera, se pone en marcha una planificación integral estratégica de la producción y a estudio la organización de la empresa, utilizando la herramienta de gestión Microsoft Project 2010.

La importancia del proyecto recae no solamente sobre los beneficios obtenidos por el mejor conocimiento del laboratorio, la mejora de la productividad, el ahorro en costes con su consiguiente ganancia, y la capacidad de reacción ante una subida o bajada de la demanda, sino sobre la enorme capacidad de difusión de este estudio a diferentes sectores de la industria dado que la planificación se ha basado sobre una pequeña y mediana empresa.

1.2 Motivación

Se me ofrece la posibilidad de incorporarme como becario en un Laboratorio de protésico dental, Migros dental S.A.. Solicitaron que hiciera labores de planificación y control de la fabricación de piezas dentales.

A la vez que voy adquiriendo mayor conocimiento de la empresa, el director de producción, me propone hacer un estudio de optimización y de rediseño de procesos en el laboratorio con el fin de recopilar información que hasta el momento no disponían para valorar la situación de la empresa y saber que margen de mejora existía.

1.3 Objetivos

A lo largo del proyecto, el objetivo fundamental es el de hallar un modelo de producción que aumente la productividad en más de un 15% con los recursos que existen actualmente.

Además del objetivo principal, existen varios subobjetivos importantes para la dirección de laboratorio, estos son:

- Maximizar el beneficio reduciendo costes al alrededor del 10%
- Maximizar el control sobre la empresa.
- Obtención de bases de datos.
- Aumentar las capacidades de producción.
- Maximizar la eficiencia de la producción, evitando cuellos de botella.

1.4 Fases del desarrollo

A continuación se describirán los pasos realizados durante la ejecución del proyecto.

Como todo proyecto, al inicio hay que hacer acopio de muchísima información para saber a lo que uno se está enfrentando, como primer contacto realice varias consultas a distintos docentes de la universidad (Miguel Ángel Montaner de la asignatura Dirección Comercial y Javier Gorostiza Luengo de la asignatura de Automática) para enfocar de la mejor manera mi rumbo, obtuve entonces, una máxima, conoce plenamente el lugar donde estas trabajando. Conocer a las personas dedicadas en la dirección, a las personas del equipo de producción y elaboración de piezas, sabiendo cual era la posición de cada uno de los miembros dentro de la organización del laboratorio, así como la organización de cualquier empresa.

Después de conocer al equipo, me dediqué a recopilar información sobre los recursos materiales de los que se disponen, como máquinas de control numérico, ordenadores para diseño de piezas, hornos para la fundición de metal, y utensilios para fabricar cada pieza como si fuera una obra de arte en tamaño reducido. Más adelante, adquirí la información de los tipos de piezas que se pueden fabricar, las tareas productivas que necesitaba cada pieza para su manufactura y los tipos distintos de fabricación que existen para un mismo tipo de pieza. También realicé unos simples cuestionarios iniciales para poder saber los recursos y tiempos genéricos que se asociaban a cada tipo de tarea en concreto. Para así tener en cuenta cuanto tiempo disponían para fabricar una pieza individual y poder comparar si estaban dentro de los tiempos oficiales de entrega que el laboratorio exige. Por otra parte, en la dirección necesitaba saber como funciona el laboratorio desde el más puro ámbito empresarial, me facilitaron el acceso a datos internos como salarios de los trabajadores, y facturas de materiales para la fabricación y recibos de las piezas fabricadas durante el último año 2011. Con todos los datos recopilados, se daría paso a una nueva fase del proyecto, interpretar la información, en la que ejecutaría un análisis de demanda a partir de los datos de producción de 2011, organizando por bloques los distintos tipos de piezas de la producción, calculo los costes correspondientes con la mano de obra anual y los costes anuales de materiales y suministros para cada sección del laboratorio. De esta forma, paso al análisis de procesos, en el cual se deciden proponer distintas estrategias para el estudio, se requieren nuevos cuestionarios de tiempos específicos para las tareas. Por la combinación de todas las estrategias, se conseguirán un total de 28 proyectos de estudio sobre los que se obtendrán los tiempos de producción, el uso de los recursos en las tareas, los costes de fabricación de cada proyecto y los costes individuales del tipo de pieza en cada proyecto. Seguidamente se comparará de forma específica los resultados de todos los modelos alcanzando los grados de optimización deseados por los dirigentes del laboratorio para su posible implantación en un futuro. Por último, me dispongo a extraer las conclusiones del estudio realizado.

1.5 Medios empleados

El laboratorio MIGROS DENTAL S. A. con CIF A79155297 proporcionó el acceso a las instalaciones de producción y la colaboración de datos internos de la empresa respecto a ámbitos de facturación, dirección y marketing. Puso a disposición todo tipo de facilidades y herramientas necesarias como un ordenador portátil con los programas de Microsoft office: Word, Excel, Power Point, y Project versión 2010, para realizar adecuadamente el estudio.

1.6 Estructura de la memoria

En este apartado se realizará un breve resumen de cada capítulo, comenzando por el presente capítulo en el cual se redacta una introducción al proyecto, con los motivos que lo propiciaron y qué objetivos se plantean en el proyecto. Además de señalar los medios necesarios para su realización y un breve esquema de la memoria.

En el segundo capítulo se plantea el funcionamiento interno de la empresa, desde su historia, su organización empresarial y su gama de productos en la parte introductoria. A su vez, se describe el laboratorio protésico como empresa partiendo de su misión y objetivos, extendiendo al tipo de organización necesaria para el diseño, planificación de producción, así como el control y la capacidad de producción en la planta de manufactura, distinguiendo las diversas técnicas e ingenierías utilizadas.

En el tercer capítulo, representa la planificación integral del proceso mediante la proyección de unas estrategias corporativas que permitirán rediseñar los procesos de fabricación en proyectos mediante el programa M.S. Project. Obteniendo unos resultados de tiempo de producción, costes totales y costes por producto que serán evaluados para su optimización según las necesidades de la dirección del laboratorio.

En el cuarto capítulo, se muestran las conclusiones del proyecto en comparación con los objetivos planteados en el primero de los capítulos.

El quinto capítulo muestra algunas de las posibilidades de mejora y márgenes de utilización que puede tener el proyecto más allá del actual presentado.

En el sexto capítulo se presenta el presupuesto de lo que costaría implementar un proyecto igual o de características similares al presente proyecto.

CAPÍTULO 2

LABORATORIO PROTÉSICO DENTAL

2.1 Introducción

En los próximos apartados se realizará una completa descripción del funcionamiento interno del laboratorio y la organización necesaria para el diseño, planificación y control de actividades producción gracias a análisis internos y externos del laboratorio, así como las capacidades de trabajo con los recursos y la fabricación en planta con sus niveles de ingeniería en el proceso.

En este apartado primero de la introducción se repasará la historia del laboratorio, la organización del mismo, así como la gama de productos fabricados y demandados por los clientes.

2.1.1 Historia de Migros Dental

Comienza en 1958 cuando se presenta un proyecto ante el director de la fábrica de Vita en Alemania. Solicitando maquinaria para la cocción de cerámica. Sin recursos, se consiguió la confianza del ejecutivo y se presentó como uno de los primeros protésicos que trabajaron cerámica en España. Es en el año 1959, cuando constituye la sociedad que conocemos como Migros dental, en aquel momento era uno de los laboratorios pioneros dedicados exclusivamente a la "estética con cerámica".

En España, fueron de los primeros en la realización de puentes en oro-cerámica, cuya técnica aún siguen empleando.

Posteriormente, se fabricó y patentó el Click Diagonal® (año 1983), que supuso un avance en el de la prótesis removible, mediante un sistema de retención longitudinal horizontal, sin necesidad de refuerzos metálicos visibles.

En el año 1980 llegaron las carillas al laboratorio estableciendo una revolución en la estética que perdura hasta la actualidad, consiguiendo grosores mínimos con resultados sorprendentes.

Entre los años 1987 y 1992 el Migros dental fue el único laboratorio que dispuso de la maquinaria para fabricar el Cristal Dicor, producto que marcó etapa en la estética y dio mucha satisfacción a pacientes muy exigentes, técnica que cayó en desuso por la aparición de nuevas técnicas.

Sobre 1995 se adquirió la maquinaria necesaria para la realización del In-Ceram, técnica que también se mantiene actualmente gracias a sus buenos resultados.

1998 y 1999 lo marcó el diseño del Puente Águila y la Galvanoformación. El primero es un puente que remplaza una pérdida dental tallando mínimamente las piezas adyacentes para grupos posteriores.

Para los casos de grupos anteriores, llegó el Puente Apin® en el 2000. Con un minúsculo tallado se puede suplantar la ausencia de una pieza.

Entrando en la era del Zirconio, en 2003 se adquirió un sistema de fresado mediante CAD/CAM [KaVo Everest] para realizar todo tipo de prótesis cementadas, con muy buenos ajustes (20 micras) y con una dureza y resistencia muy alta.

Tres años más tarde, se mejoró la técnica pudiendo emplear Zirconio en puentes atornillados sobre implantes.

Gracias a toda esta base histórica actualmente Migros Dental es uno de los laboratorios referentes en la fabricación de piezas dentales en la península ibérica. El ejemplo de su posicionamiento se aprecia en la figura 1 stand en ExpoDental en febrero de 2012.



Figura 1. Stand ExpoDental febrero 2012 Fuente: Migros Dental S.A.

2.1.2 Organización del laboratorio

En estas líneas se condensará la organización empresarial del laboratorio, describiendo las diversas secciones en las que se reparte.

Comenzando por la sección de la **Dirección Comercial**, cuya misión principal es crear compradores mediante funciones internas como la publicidad, las ventas directas y el servicio al cliente. Desarrolla nuevos productos y fija precios, encargándose del tipo empaquetado y su distribución, realizando previsiones de demanda siendo muy útiles para la toma de decisiones en la dirección. La dirección comercial está en contacto directo con el comprador llevando a cabo la entrada y modificaciones en los pedidos con las especificaciones, cantidades y condiciones de entrega, así como el envío posterior y su facturación. La Dirección Comercial del laboratorio proporciona información necesaria al Departamento de Contabilidad para la planificación de la producción y la toma de decisiones estratégicas. La interfase con el departamento de Ingeniería de Diseño aporta las especificaciones de los productos a diseñar, hace llegar las críticas de los consumidores al diseño del producto. Otra interfase enlaza con la planificación y control de procesos dando información necesaria para la generación del plan maestro de producción, sobre el cual se profundizará en apartados sucesivos. Además la interfase de la Dirección Comercial con el Departamento de Ingeniería revisa y aprueba todos los cambios propuestos por el Departamento de Diseño del producto.

La siguiente sección es el Departamento de **Contabilidad y Finanzas**. Gestiona los capitales, realiza análisis financieros y planificaciones financieras al igual que la

planificación estratégica a medio largo plazo. Además lleva la contabilidad general y la de costes gestionando el libro mayor de cuentas con clientes y proveedores.

La sección de **Ingeniería de Diseño** define el producto y el proceso. El producto precisa del trabajo de diseño, selección de materiales y documentación, mientras que los procesos ejecutan tareas y procesos con la mayor calidad posible. Asimismo incluye al departamento de ingeniería el cual debe realizar la aprobación de todos los departamentos de cambios en el producto o en el proceso.

La unidad de **Planificación y Control de la Producción**. Convierte los planes de dirección en instrucciones de fabricación. Planifican detalladamente el flujo de materiales y de capacidades para realizar un plan global. Mediante la ejecución de los planes, planificando las actividades y coordinando las compras.

Planta de fabricación es la unidad de fábrica donde se programan las tareas, también los movimientos de materiales y los procesos de fabricación. Controlando en todo momento los procesos de la planta y la calidad de los acabados en las piezas.

Como en toda empresa, el laboratorio tiene **Servicios de soporte**. Estos son personal de seguridad, personal de mantenimiento, personal de recursos humanos, al igual que el mantenimiento de máquinas y ordenadores.

Nombre	Sección
Andrea	ESCAYOLA
Simón	CNC
Mercedes	CERÁMICA
Eva	
Pedro	
Vicente	
Federico	METAL
Julián	
Rivera	
Carlos	
Vanesa	RESINA
Yolanda	FINANZAS
Mario	CONTROL DE CALIDAD
Isabel	OFICINA

Tabla 1. Equipo de recursos humanos asociados a su sección correspondiente.

Fuente: Mirgos dental S.A.

Esta tabla 1 hace referencia a los 13 trabajadores en plantilla distribuidos en sus secciones correspondientes. Todos los componentes de las secciones de Metal y Cerámica tienen las mismas capacidades siendo igualmente competentes para las diversas tareas posibles dentro de su sección.

En la producción de metal se hallan varios encargados, el primero es el encargado de modelos y se responsabiliza de la escayola, designando a esta sección, sección de Escayola. Esta persona encargada debe revisar los modelos, realizar el montaje en el articulador y seguidamente preparar los modelos para el siguiente paso. A continuación en la sección de metal, se halla el encargado de los Diseños el cual controla la anatomía y funcionalidad de la pieza, prevee futuras reparaciones. Dependiendo del tipo de diseño algunas piezas pasará por el control numérico computerizado (CNC) que se encomienda a otro trabajador cualificado. Prosigue la producción con la sección de Cerámica, en la que se encuentra el encargado de las piezas, este encargado verifica opacos y también el diseño, realiza un informe de fallos semanal.

Al igual que sucede en la sección de metal y cerámica, en la sección de resina un encargado se hará cargo de los acabados, controla la calidad final de las estructuras, validando la pieza con el sello de control de calidad, escribiendo y entregando un informe semanal con los fallos ocurridos.

En la parte de dirección del laboratorio se diferencia 3 áreas claras, dirección de producción, dirección de finanzas, y por último dirección comercial o Marketing. El director contable realiza la contabilidad financiera, el número de inversiones y se encarga de los recursos humanos. El director comercial se encarga de la venta directa del producto a las clínicas, les pone precio a cada pieza, comete acciones de promoción y distribución de los productos, inclusive el empaquetado de las piezas.

Toda la distribución descrita anteriormente queda plasmada en esta figura 2.

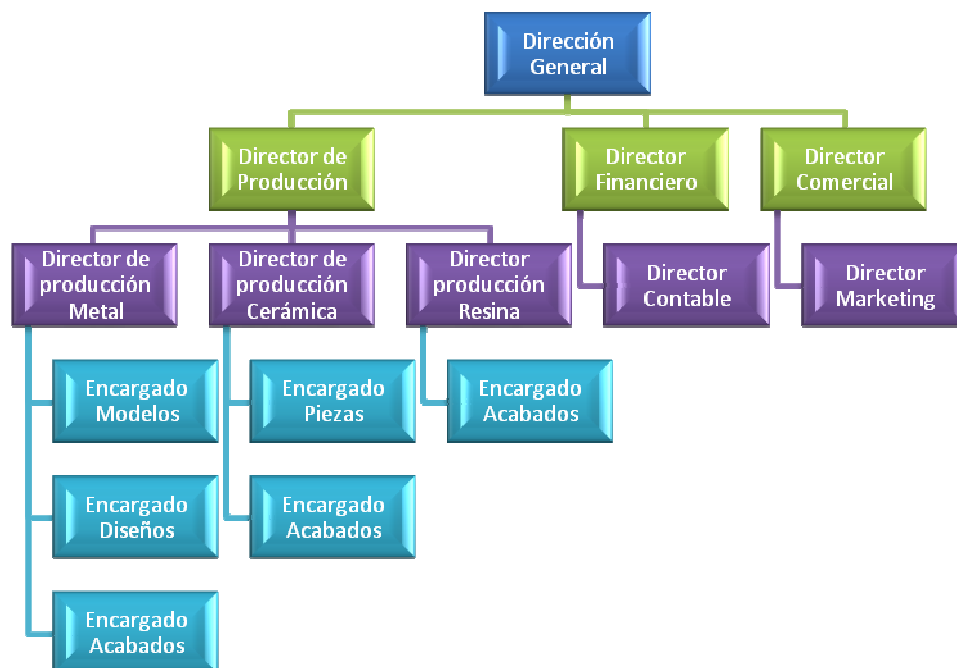


Figura 2. Distribución jerárquica del laboratorio. Elaboración propia.

2.1.3 Gama de productos

En el sector odontológico, los dentistas deciden qué tipo de prótesis dental es idóneo para cada paciente diferenciándose en 2 tipos básicos, prótesis fijas y prótesis removibles.

El Laboratorio Migros dental tiene a disposición una gama de productos que abarcan cualquier necesidad médica. Las denominadas prótesis dentales removibles, son aquellas que se pueden poner y quitar según la recomendación del dentista, éstas son las férulas de descarga y las prótesis esqueléticas que encajan perfectamente en la boca del paciente. A su vez, las prótesis fijas se subdividen en 2 grupos, las prótesis fijas y las prótesis sobreimplantes. Las prótesis fijas son coronas o puentes de Metal cerámica, puente a Pin, Puente Águila, carillas cerámicas y piezas de contorno completo de Zirconio. Por otra parte, las prótesis sobreimplantes incluyen coronas o puentes de Zirconio cerámica, como pilares personalizados, estructuras de porcelana, estructuras híbridas y las barras locator.

Consecutivamente a esta descripción en la figura 3, se encuentra una muestra de la gama de productos de Migros dental.



Figura 3. Vitrina de muestra con toda la gama de piezas. Fuente: Migros Dental S.A.

Según se atiende a la figura 3, se ven las distintas piezas dentales terminadas según la gama de productos de Migros dental. Comenzando por la parte superior izquierda de la figura y bajando por la primera columna de 3 piezas se observa: una estructura de carillas, un puente a pin, y una pieza acabada de metal cerámica.

En la segunda columna de arriba abajo se exponen: Una barra CAD / CAM, una estructura CAD / CAM, y pilares CAD / CAM.

Por último en la tercera columna de arriba abajo se exponen: Una pieza terminada de vidiero-cerámica “e-max” con una pieza de material e-max, mas abajo, una prótesis provisional fabricada por CAD / CAM, se ve como en el molde superior encaja a la perfección, Las 2 últimas piezas son la primera “full contour zirconio” (contorno total de zirconio) y la ultima pieza es zirconio cerámica, con la comparativa de tonalidades en función de los colores de los dientes.

2.2 Misión y objetivos de la dirección

La misión corporativa del laboratorio se engloba junto a los objetivos de la dirección de la empresa, formando el análisis estratégico necesario para conseguir el inicio de la *planificación estratégica* que se desea llevar a cabo con este proyecto de optimización y rediseño de procesos de producción.

La planificación estratégica, es un proceso que persigue conseguir ventajas competitivas mediante el desarrollo de un conjunto de acciones a través de la adecuación de los recursos y capacidades de la empresa al entorno en el que opera y satisfaciendo los objetivos de los múltiples grupos de interés que intervienen en la empresa. Ante la dirección de toda empresa se presentan constantes preguntas:

¿Cuál es nuestro negocio ?, ¿Quién es nuestro cliente ?, ¿Qué esperan ellos ?, ¿Qué esperarán en el futuro ?, ¿Cual debería ser nuestro negocio ?

Para responder a todas estas preguntas existe la misión corporativa de la empresa, la cual representa la orientación básica de la empresa, puntualiza la razón por la que existe la empresa, define la labor social de la misma y el servicio que ofrece.

La misión de Migros dental es la siguiente:

“Fabricación de prótesis dentales con el objeto social de compensar de una forma natural y estética una deficiencia en piezas dentales mediante altos estándares de calidad.”

No obstante, la dirección del laboratorio formuló los siguientes objetivos y subobjetivos para indicar el camino a seguir de una manera estratégica:

Principales objetivos:

- Maximizar el control sobre la empresa.
- Obtención de bases de datos.

- Aumentar la productividad.

Principales subobjetivos:

- Aumentar las capacidades de producción.
- Maximizar el beneficio.
- Mejorar el servicio al usuario.
- Maximizar la eficiencia de la producción.

Según estos objetivos más adelante en el proyecto definiremos las estrategias de donde obtendremos 28 proyectos para el estudio y seguidamente se obtendrán unas conclusiones que permitirá alcanzar los objetivos descritos en este punto.

2.3 Análisis D.A.F.O.

Dentro del análisis estratégico que se lleva a cabo, el análisis D.A.F.O. proporciona un diagnóstico a nivel interno y externo examinando la situación del laboratorio. Junto al director general y el director comercial se identificaron las **Amenazas** y **Oportunidades** más importantes, los puntos fuertes (**Fortalezas**) y débiles (**Debilidades**) de la compañía y los principales temas clave con los que se enfrenta la empresa en este sector y en relación con su plan de marketing. A este análisis se le conoce con el nombre de análisis D.A.F.O..

• <u>Análisis D.A.F.O.</u>	
Debilidades	Fortalezas
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de comercial especialista dirigido a la venta directa. • Falta de motivación personal de algunos miembros del equipo. • Exceso de recursos fijos de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajos de Alta calidad. • Puntualidad en la entrega. • Posibilidad de priorizar puntualmente la fabricación de piezas. • Posicionamiento en el mercado claro. • Imagen corporativa Líder en el sector, transmite seriedad y profesionalidad.
Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Las piezas a coste muy reducido provenientes de China. • Proveedores de productos intermedios están aumentando su rango de acción abarcando parte de la fabricación del laboratorio protésico.. • Empresas competidoras están bajando los precios de algunas piezas al tipo <u>low- cost</u> para captar clientes. • La intrusión en el mercado de franquicias con fabricación propia baratas pero de baja calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • El alto número de clínicas privadas a las que ofrecer servicios. • Fabricar piezas en Universidades, con las cuales trabajan y aprenden, siendo referencia en un futuro para esos alumnos cuando estén en el mundo profesional. • Continuar la expansión en península ibérica e (islas Baleares y Canarias).

Tabla 2. Análisis D.A.F.O. Elaboración Propia

Análisis de Oportunidades y Amenazas, análisis externo.

Se identificaron las principales amenazas y oportunidades con las que se enfrenta el negocio. Amenazas y oportunidades hacen relación a factores externos que pueden afectar el futuro del negocio. Se describen de tal forma que puedan sugerir posibles acciones a tomar.

Fuerzas clave del entorno genérico que afectan al negocio (demográficas/económicas, tecnológicas, político/legales, socio/culturales).

Hechos significativos del entorno específico. (Sus clientes, competidores, canal de distribución, suministradores, accionistas, empleados)

Para cada tendencia o desarrollo, se identificarán las amenazas y oportunidades, las amenazas son un desafío por una tendencia o acontecimiento desfavorable que fuerza una acción de marketing defensivo o un empeoramiento de ventas o beneficios. Mientras que las oportunidades son el mercado específico en el que la compañía podría desarrollar acciones de marketing disfrutando de ventajas competitivas.

El director debe ordenar las amenazas y oportunidades de tal manera que se dirija más atención a las más importantes.

A continuación se describen las principales **oportunidades** con las que se encuentra Migros dental.

- El alto número de clínicas privadas a las que ofrecer servicios.
- Fabricar piezas en Universidades, con las cuales trabajan y aprenden, siendo referencia en un futuro para esos alumnos cuando estén en el mundo profesional.
- Continuar la expansión en península ibérica e (islas Baleares y Canarias).

A continuación se describen las principales **amenazas** con las que se encuentra Migros dental.

- Las piezas a coste muy reducido provenientes de China.
- Proveedores de productos intermedios están aumentando su rango de acción abarcando parte de la fabricación del laboratorio protésico. .
- Empresas competidoras están bajando los precios de algunas piezas al tipo low-cost para captar clientes.
- La intrusión en el mercado de franquicias con fabricación propia baratas pero de baja calidad.

Análisis de Fortalezas y Debilidades, análisis interno.

Además se investigaron los puntos fuertes y débiles del producto que hacen referencia a los recursos internos de la compañía. Los puntos fuertes significan aquellos aspectos en que se es mejor que la competencia, mientras que los puntos débiles significan aquello que la compañía tiene que evitar o corregir.

A continuación se describen los principales puntos **fuertes** de Migros dental:

- Trabajos de Alta calidad.
- Puntualidad en la entrega.
- Posibilidad de priorizar puntualmente la fabricación de piezas.
- Posicionamiento en el mercado claro.
- Imagen corporativa Líder en el sector, transmite seriedad y profesionalidad.

En contraposición podemos señalar las principales **debilidades** de Migros dental:

- Falta de comercial especialista dirigido a la venta directa.
- Falta de motivación personal de algunos miembros del equipo.
- Exceso de recursos fijos de trabajo.

En los próximos apartados se continuará con la descripción interna del funcionamiento de la compañía y la organización necesaria para el diseño, planificación y control de producción.

2.4 Ingeniería de Diseño

Se entiende por ingeniería de diseño al proceso en el cual se define el producto y las etapas para producirlo. Las fases de la ingeniería de diseño son la fase 1 de diseño, la fase 2 de análisis y selección de materiales, y la fase 3 que comprende la documentación del diseño y de producción, guardándose toda la información en una única base de datos.

Ingeniería de diseño en Migros Dental

Toda creación de un nuevo diseño comienza en la sección de metal. En primer lugar, el encargado de modelos y el encargado del diseño son los responsables del diseño y análisis, selección de materiales, y documentación.

El director de producción se encarga de la ingeniería de producción sobre trabajos, procesos y tiempos de proceso, decide si se compra o se fabrica alguna parte de la producción especialmente y realiza técnicas de verificación del producto y del proceso de producción. Realiza técnicas de verificación del producto y del proceso de producción. Controla los cambios en el producto, la consistencia entre lo que demanda el usuario y la capacidad de producción del laboratorio, diseño o modificación de un producto.

Finalmente el encargado de los acabados revisa el trabajo acabado para evitar errores en el diseño y la documentación.

Diseño del producto y del proceso

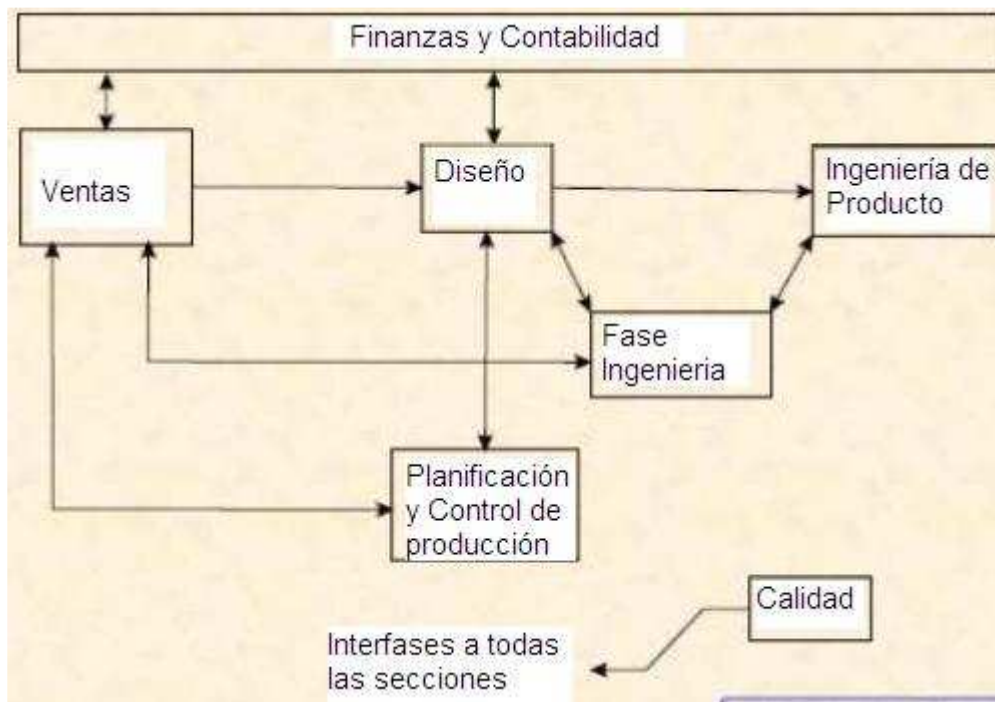


Figura 4. Proceso de Ingeniería de diseño en una empresa. Fuente: [REGH-CIM]

En la figura 4 esquematiza un ejemplo típico de ingeniería de diseño acoplado en la empresa.

El comienzo de la actividad de creación de un nuevo diseño de un producto proviene generalmente de una orden de la oficina de entrada y salida de pedidos, relacionado también con el departamento comercial (ventas y marketing). El departamento de diseño recibe la orden y es el responsable del diseño y análisis, selección de materiales, y documentación.

Consecutivamente se comunica con el departamento de ingeniería de producción, que comete los trabajos, procesos y tiempos de proceso, decide si se compra o se fabrica alguna parte de la producción especialmente y realiza técnicas de verificación del producto y del proceso de producción. Posteriormente los productos diseñados pasan por el departamento de Ingeniería, otorga consistencia entre lo que demanda el usuario y la capacidad de producción del laboratorio, diseño o modificación de un producto. Es el responsable de controlar los cambios en el producto provenientes de la dirección comercial de la empresa. Finalmente pasa por el departamento de calidad de cada sección y por manos del encargado específico que evita errores en el diseño, rellena la documentación dando su visto bueno y anotando los fallos acometidos semnalmente en un informe.

Una vez diseñado el producto se envía la información al departamento de planificación y control de producción.

Como consecuencia de esta ingeniería de diseño se requiere un modelo de diseño con todos los pasos críticos a seguir, además de un software (CAD) y herramientas (CAM) para crear, analizar y verificar los diseños, parte de la ingeniería concurrente (tradicional mejorada) de forma que el personal de diseño y de producción participa en el diseño y elaboración de las piezas que permita crear un producto que se pueda fabricar libre de defectos y con altos estándares de calidad.

2.4.1 Modelo de diseño

El modelo de diseño se basa en el sistema tradicional de diseño del producto, pero en el laboratorio se ejecuta una ingeniería de diseño mediante un sistema tradicional mejorado.

El sistema tradicional se fundamenta en un flujo lineal con una baja interacción entre los grupos responsables del diseño y es realizado sólo por ingenieros de diseño. No obstante induce a un retraso en la llegada de los productos al mercado, baja la calidad, aumentan los costes, deriva en un mal servicio al cliente y no se tiene en cuenta la forma de desechar el producto finalizado su vida útil.

Se disipan estos problemas con la inclusión de la ingeniería concurrente en el modelo de diseño que se aprecia en la figura 5. Así, el nivel de participación es mayor en las primeras fases del diseño, en las últimas fases hay menos decisiones críticas que requieran la colaboración del resto de la empresa.

Se marcan objetivos de producción y precio con un plan de producción. De esta manera, se requiere más tiempo y dinero que la metodología de diseño convencional o tradicional, cada paso involucra no sólo a los diseñadores del producto, sino a diseñadores de sistemas de fabricación, de mantenimiento y de gestión de residuos. Pero se reduce el tiempo de llegada al mercado, ya que los sistemas de producción están listos antes, al tenerse en consideración durante la fase de diseño, la construcción de herramientas y sistemas de producción no comienza hasta que no han finalizado el diseño. Al mismo tiempo, se describen las características del producto, su forma aproximada y estilo, adecuación al mercado, la relación con otros productos de la empresa y también características funcionales como la fiabilidad.

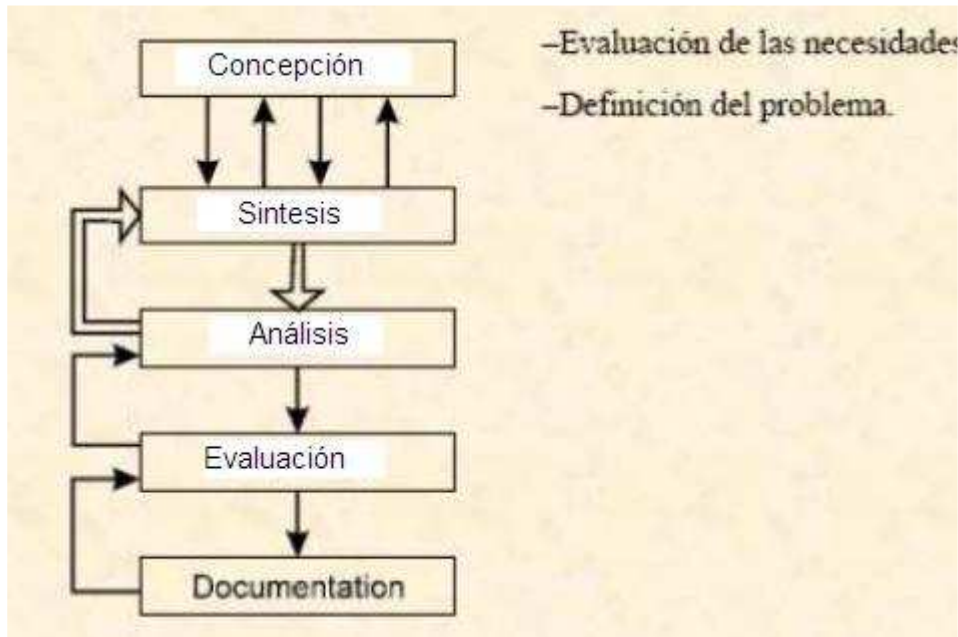


Figura 5. Modelo de diseño de productos y procesos. Fuente: [REGH-CIM]

El modelo de diseño ejemplificado en la figura 5, se compone de 5 etapas de diseño. Todas unidas consecutivamente en constante comunicación con su antecesora y su predecesora etapa para modificaciones puntuales en el diseño del producto. A continuación se describen las 5 etapas o fases del modelo de diseño:

Concepción

Esta fase empieza con la concepción inicial del producto, normalmente a partir de los moldes enviados por los clientes. Se realiza una evaluación de las necesidades y una definición del problema de diseño como típico o atípico.

El diseño típico o diseño repetitivo establece de las características físicas, funcionales y de mercado del producto. Clasifica los productos actuales con características similares en función de la técnica o del tipo pieza dentro de la gama de productos. Aplica entonces, un diseño paramétrico y/o desarrolla estándares para productos similares, por último modela el producto gráfica y analíticamente, comunicando el diseño a las demás áreas del laboratorio y etapas del diseño.

El diseño conceptual o atípico es la aplicación del proceso de diseño para la creación de un nuevo producto que es único, y no se parece a ningún producto de los que se fabrica actualmente. Establece las características físicas, funcionales y de mercado del producto, también modela el producto gráfica y analíticamente comunicando el diseño a las demás áreas.

En el laboratorio se mezclan los 2 tipos de concepción del diseño, ya que cada pieza es única y particular porque todos los clientes tienen piezas bucales y deficiencias bucales distintas, por otro lado las piezas se agrupan por gamas de productos y por las técnicas usadas para cada pieza. Por lo que se repiten los procesos de producción en muchas de ellas.

Síntesis

Concierne a la segunda etapa del modelo de diseño y se encuentra muy acoplado con la etapa primaria del modelo. Concretamente en esta fase se realizan posibles modificaciones y especificaciones en la elección óptima de los materiales y se valora el diseño de fabricación de la pieza eligiendo la técnica mas apropiada, en la cual se incluya el diseño de ensablaje de cada tarea necesaria para su manufactura. Normalmente, los clientes realizan el pedido especificando los materiales de las piezas.

Análisis

Corresponde a la tercera etapa del modelo de diseño y en él se chequea el diseño y se recogen datos relativos al objetivo del diseño. También, se realizan diversos análisis y simulaciones de tolreancias, asi mismo se pueden utilizar otras simulaciones para el análisis de diseños alternativos enfatizando en el proceso de fabricación, sobre propiedades del producto, de la técnica y delos materiales por medio de ordenadores. Como ejemplo vemos la figura 6.

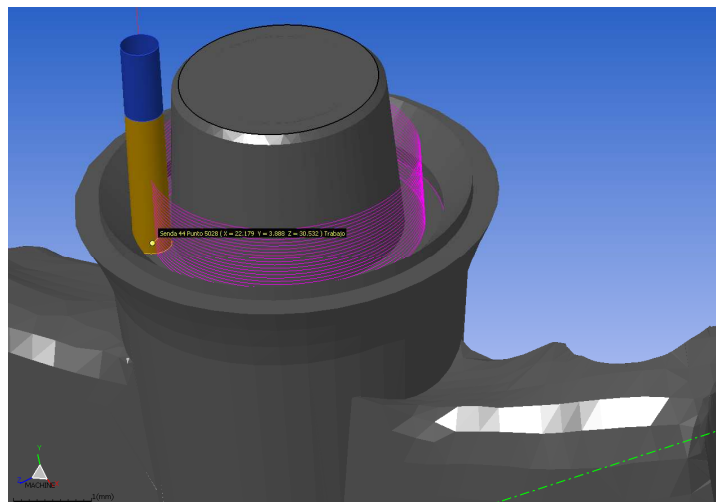


Figura 6. Simulación CAD /CAM. Fuente: Migros dental S.A.

Evaluación

Pertenece a la cuarta etapa del modelo de diseño. La etapa de evauación estudia los datos recogidos en la fase de análisis, para ver si corresponden con las especificaciones definidas en la fase de concepción, mediante herramientas Software (simulaciones) y/o Hardware (centro de mecanizado sobre materiales blandos, prototipado). Se considera el desarrollo estrategias para validar el producto.

Documentación

En esta última etapa es donde se recoge toda la información necesaria para la fabricación de la pieza con detalles de diseño, como componentes estándar, notas de fabricación, dimensiones y tolerancias. Para esta etapa de documentación se produce

una creación de ficheros que usarán los departamentos de planificación y control de la producción, ingeniería de producción, marketing y control de calidad. Finalmente se archivarán en una base de datos asociado al cliente.

Precisamente, en el laboratorio se realiza una ficha de control de cada pieza, como la que se presta a continuación en la figura 7.

Migros Estética Dental

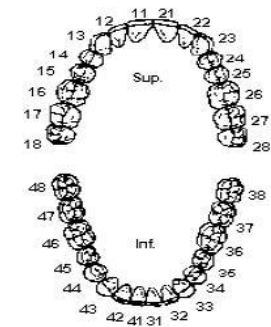

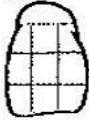
 <p style="text-align: center;">Sup. Inf.</p>	<p style="text-align: center;">Caracterización</p>  <p style="text-align: center;">Cerámica</p>	<p>CLIENTE :</p> <p>000 N° DE BATEA</p> <p>Telf. _____</p> <p>Trabajo : 2.118.492</p> <p>Paciente : _____</p> <p>Fecha : 04/07/2012</p> <p>Fecha Entrega : _____ Hora : _____</p> <p>Pr. 1 : _____</p> <p>Pr. 2 : _____</p> <p>Pr. 3 : _____</p> <p>Tipo : _____</p> <p>Metal : _____</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">18 17 16 15 14 13 12 11</td> <td style="width: 50%;">21 22 23 24 25 26 27 28</td> </tr> <tr> <td>48 47 46 45 44 43 42 41</td> <td>31 32 33 34 35 36 37 38</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; margin-top: 5px;">Comentarios del Trabajo</p>	18 17 16 15 14 13 12 11	21 22 23 24 25 26 27 28	48 47 46 45 44 43 42 41	31 32 33 34 35 36 37 38
18 17 16 15 14 13 12 11	21 22 23 24 25 26 27 28					
48 47 46 45 44 43 42 41	31 32 33 34 35 36 37 38					
<p>Color</p>  <p>Guía : _____</p> <p>Cuello : _____</p> <p>Cuerpo : _____</p> <p>Incisal : _____</p>						

Figura 7. Ficha de control de cada pieza. Fuente: Migros dental S.A.

De esta forma, la ficha de control de la figura 7, muestra un esquema al detalle de las piezas dentales numeradas, con un espacio para particularizar la forma del diente y en la parte inferior un espacio reservado a las especificaciones de color: guiado, cuello, cuerpo, incisal.

En la parte derecha se aprecia la información del cliente, con datos personales, más abajo, se encuentra el tipo de trabajo, el nombre del paciente, la fecha del pedido, la fecha de entrega tras su manufactura, con los números y tipos de procesos junto con el tipo de material utilizado en la pieza dental.

2.4.2 CAD

Como consecuencia de esta ingeniería de diseño además de un modelo de diseño se requiere un software (CAD) y herramientas (CAM) para crear, analizar y verificar los diseños, parte de la ingeniería concurrente (tradicional mejorada) de forma que el personal de diseño y de producción participa en el diseño y elaboración de las piezas que permita crear un producto que se pueda fabricar libre de defectos y con altos estándares de calidad.

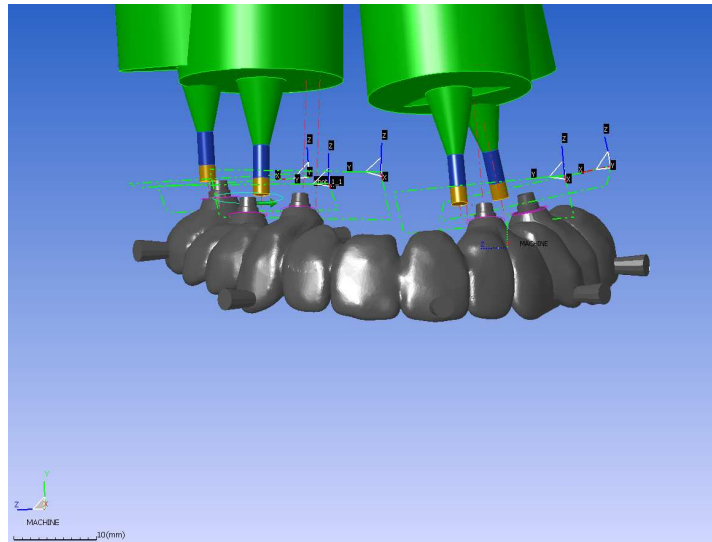


Figura 8. Fichero CAD. Fuente: Migros dental S.A.

CAD es la aplicación de computadores y de software gráfico para ayudar o mejorar el diseño del producto, desde la fase de concepción hasta la de documentación. Trabaja con distintos tipos de comandos: creación, edición, cambio de tamaño y movimiento, manejo de ficheros, base de datos, automatización de los procesos consiguiendo modelos sólidos como se puede ver en la figura8.

Utiliza un software que representa una figura de 3 dimensiones completa y sin ambigüedades. Esta variedad de software de diseño es necesario para realizar una planificación automática del proceso, empleándose en simulaciones de ensamblado de prótesis fijas sobre implantes.

El hardware utilizado serán ordenadores personales, que confieren unas indudables ventajas como son la baja inversión inicial, la facilidad de uso y el bajo coste del software instalado, aunque no hay que dejar pasar algún inconveniente como son la difícil integración en una base de datos global y el mal manejo implicado en grande proyectos.

Particularmente en el laboratorio no se tratan macro proyectos ni una base de datos global e integrada, por lo que las ventajas son aún mayores.

Finalmente, una vez diseñado el producto, con su modelo de diseño completo, se envía la información al departamento de planificación y control de producción.

2.5 Planificación y control de la producción

La información de la ingeniería de diseño del apartado anterior, con todos los detalles y documentos de cada pieza, salta al departamento de planificación y control de la producción, cuya composición se describirá a raíz del *modelo MPC*, (*Manufacturing Planning and Control*) [REGH]. El modelo sintetiza toda la planificación operacional y de recursos, tanto a corto como a largo plazo incluyendo todos los niveles operacionales que utilizan las empresas para el control y planificación de la producción.

EL modelo MPC incluye todas las áreas de de planificación de la empresa, como se puede distinguir en la figura 9 y figura 10. Hay 2 secciones claras: planificación de recursos (derecha) y planificación de operaciones (izquierda). A su vez, se divide en 2 niveles de planificación. A largo plazo (parte superior) y al detalle con gestión y seguimiento de procesos (parte inferior).

Dentro de la planificación operacional (izquierda) la primera columna corresponde a los distintos recursos de información que debe disponer cualquier empresa: planificación de mercado; gestión de demandas interna y externa; plan de producción que comprende: la planificación del procesado de materiales, el desarrollo de la estructura de productos y la red de vendedores.

La segunda columna atañe a la planificación de operaciones: plan de negocio; planificación de la producción; plan maestro de producción; planificación del requerimiento de materiales; el control de actividad productiva y control a ventas.

La tercera columna que pertenece a la planificación de recursos y que tiene el mismo nombre, lleva a cabo la planificación de recursos fijos; la planificación de recursos variables; la planificación inicial de la capacidad; la planificación detallada de la capacidad; el control de entradas y salidas.

Por último en la cuarta columna del modelo MPC se describen los niveles operacionales, son los siguientes:

Plan de negocio; Planificación de grupo de productos; Planificación de producto, modelo y opción; Planificación detallada de los componentes; Planificación y seguimiento detallados

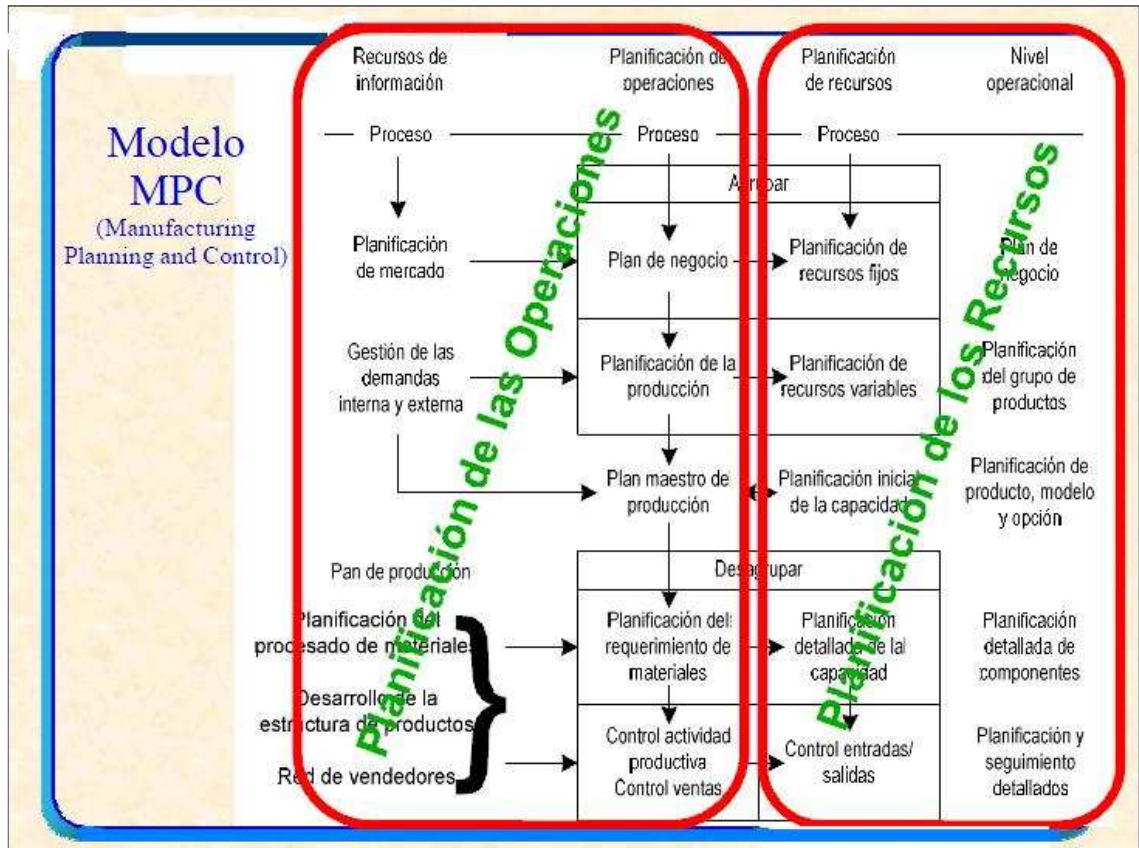


Figura 9. Modelo MPC, secciones Fuente: [REGH]

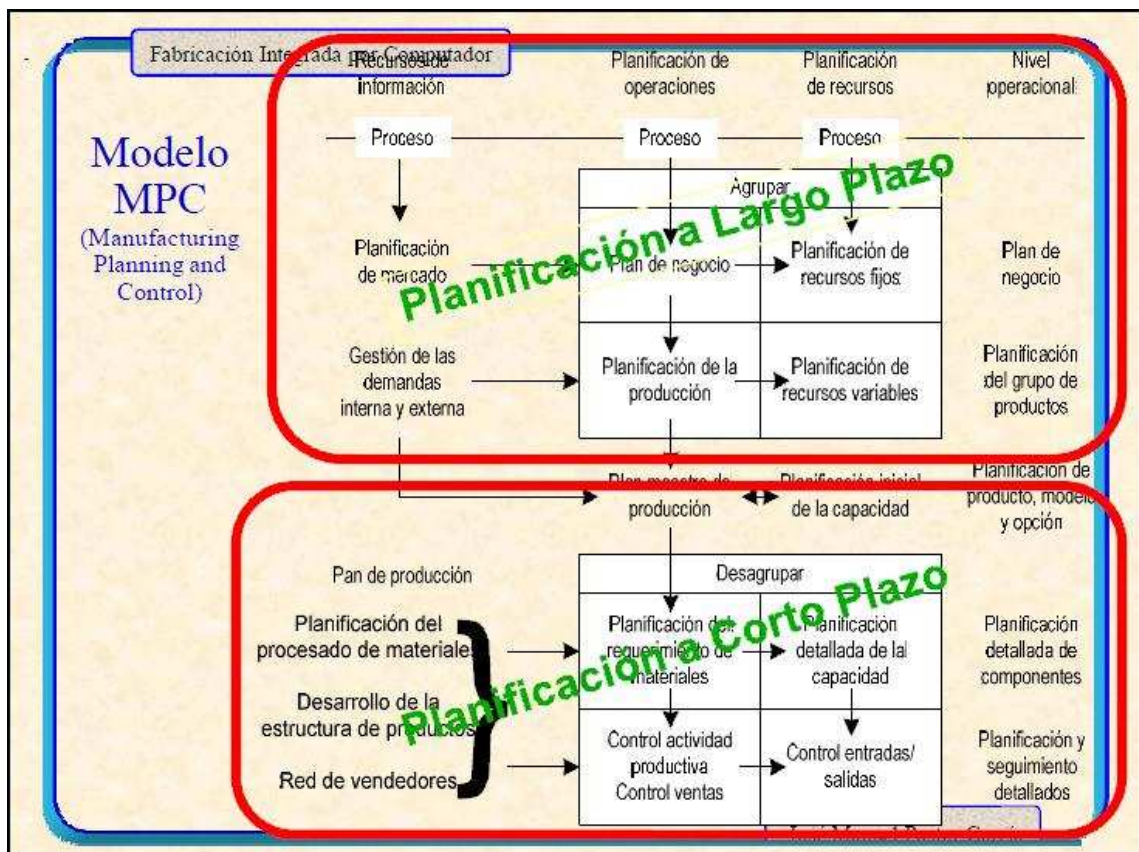


Figura 10. Modelo MPC, Niveles Fuente: [REGH]

2.5.1 Tipos de Planificación.

Planificación estratégica

Se realiza manualmente y a largo plazo. Efectuada por los altos directivos, y se localiza en las plantas y líneas de productos. La planificación de la dirección se encuentra en la parte operacional del modelo MPC. Usar los planes de mercado para hacer la planificación de los recursos fijos y se envían los datos generales del plan de dirección y junto con las líneas de demanda interna y externa al bloque de planificación de la producción.

Planificación global

Abarca un plazo de los 2 meses a los 18 meses, planifica los niveles de empleo, subcontratación e inventarios. Tiene como objetivo generar una eficiente producción que use adecuadamente los recursos para satisfacer la demanda de los compradores. Las tareas que debe acometer son las encargadas de analizar como afectan los niveles de inventario, salida de productos, etc. a los recursos fijos y variables de la empresa. Así como la combinación de productos en grupos, la relación de la capacidad de producción con la demanda una vez efectuada la planificación global. En el caso de que la demanda excediera la capacidad de producción se subcontrataría la producción de alguna parte de una pieza a un taller específico. Si por el contrario, la capacidad de producción excede a la demanda, se acumulan muchos recursos humanos para una producción limitada, por lo que el laboratorio tiene que ser flexible minimizando los costes de producción y optimizando al máximo sus capacidades, importa más el cómo que el cuando.

Como se observa en las figuras 9 y 10, la planificación de la producción recibe los datos de la previsión de la demanda y del plan de producción, necesarios para realizar la planificación de los recursos variables (nivel de trabajo, nº de trabajadores, nº de subcontratistas, etc.). En este apartado global se genera el plan maestro de producción (MPS, *Master Production Schedule*).

Planificación detallada

Se efectúa a corto plazo, se realiza en la carga de trabajo en máquinas, enrutamiento de piezas, secuencia de operaciones y en tamaños de lote de piezas dentales. Precisamente, como se observa en las figuras 9 y 10 ya que la planificación está agregada en el modelo MPC, la planificación detallada se descompone del plan global en distintos bloques: MPS como punto de partida; planificación aproximada de capacidades a partir de MPS; planificación de necesidades de materiales (MRP, *Material Requirement Planning*); planificación detallada de capacidades; control de las actividades de producción. (PAC, *Production activity control*); y por último la oficina que se encarga del control de entrada y salida de pedidos.

2.5.2 Análisis de la demanda

A consecuencia del apartado anterior, donde se expone que tanto la planificación de la producción como el plan maestro de producción del modelo MPC, los cuales necesitan la gestión de las demandas internas y externa como recurso de información. Por lo tanto, será necesario realizar un análisis de demanda a partir de los datos de producción de 2011, representados en la siguiente tabla 2.

Mes	PIEZAS PRODUCIDAS 2011					Total mensual
	Metal cerámica	Implantes cerámica	Zirconio CAD/CAM	Carillas	Esqueléticos	
Enero	339	126	56	90	19	630
Febrero	478	147	59	144	26	854
Marzo	481	121	125	73	36	836
Abril	331	94	97	75	15	612
Mayo	423	114	101	106	30	774
Junio	519	212	82	143	25	981
Julio	330	159	97	112	22	720
Agosto	34	29	12	15	5	95
Septiembre	276	178	84	55	16	609
Octubre	344	183	136	74	17	754
Noviembre	356	132	55	80	20	643
Diciembre	357	116	113	40	20	646
Total tipo	4268	1611	1017	1007	251	8154
Media mensual	356	134	85	84	21	680
Mediana mensual	350	129	90,5	77,5	20	683
Media semanal	89	34	21	21	5	170
Mediana semanal	88	32	23	19	5	171

Tabla 3. Producción de 2011. Fuente: Mirgos dental S.A.

Para llevar a cabo el conocimiento y control de la producción del laboratorio se lleva a cabo un análisis interno haciendo una cuenta profunda de cada uno de los tipos de piezas que se fabricaron a lo largo del periodo del año 2011.

Como cada producto es único para cada cliente, se decide agrupar la gama de productos fabricados por el laboratorio en bloques de producción más generales como en la tabla 2, los grupos quedarán entonces de la siguiente forma:

Metal cerámica: metal cerámica coronas y puentes (cera perdida o cad /cam).

Implantes cerámica: coronas o puentes atornillados o implantes cad / cam.

Zirconio cad / cam: zirconio cerámica.

Carillas: carillas cerámica.

Esqueléticos: estructuras esqueléticos.

Se puede analizar la producción por tipos de piezas a medio- largo plazo. Extrayéndose de la Tabla 2 varios gráficos que permitirán ver con mayor facilidad estos resultados.

El primero de estos gráficos obtenido a raíz de la *tabla 2* de producción de 2011, es el de piezas producidas agrupadas descrito en el párrafo anterior.

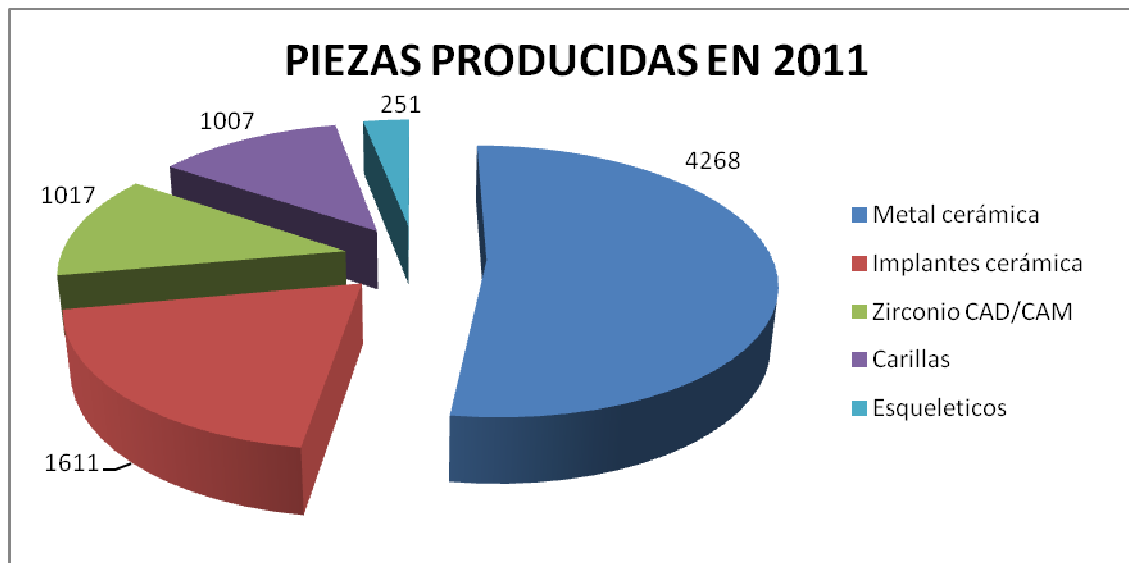


Figura 11. Producción piezas 2011 Elaboración propia.

La figura 11, es un gráfico por sectores en el que destaca la mayor fabricación de piezas producidas de tipo metal cerámica, con color azul, exactamente el 52,34% de las piezas producidas en 2011. El segundo de estos sectores en tamaño de producción, con color rojo, hace referencia a los implantes cerámicos con un 19,75% de la realización de piezas anuales. Seguidamente en tercer lugar de la demanda de 2011 se produjeron con un 12,47% piezas de zirconio mediante la técnica de CAD / CAM, siendo este sector de color verde. En cuarto lugar observamos el sector morado de las carillas con un 12,35% de la producción de 2011 y en un discreto último puesto, encontramos con un 3,07% de la fabricación de 2011 a las prótesis removibles esqueléticas.

En el segundo gráfico correspondiente a la figura 12 de producción anual, se muestra la fabricación de las piezas mes a mes, deduciéndose donde se encuentran los picos de manufactura más altos y cuales son los picos de producción más bajos a lo largo del año. Extrayendo de la tabla 2 la media mensual de producción tendremos que para piezas de metal cerámica es de 350 piezas, para implantes cerámicos 134 piezas, para piezas de zirconio 85, muy parecido que las carillas 84, y de esqueléticos 21 piezas. Según estos conjuntos de piezas, el tipo de pieza que domina la producción, es la pieza de metal cerámica, que es la más demandada por los clientes y que afecta directamente a las crecidas o bajadas en la producción. Por esa razón, la elaboración de piezas dentales tiene un crecimiento de entre un 34- 45% sobre la media en los meses de febrero, marzo, y junio.

Los meses de caída en la producción son abril, agosto y septiembre, coincidiendo con las vacaciones de semana santa en abril, y en agosto con las vacaciones estivales, alcanzando las cotas mas bajas de producción siendo inferiores a la producción media semanal.

Dada esta figura 12 se puede observar las oscilaciones de cada grupo de piezas en su demanda.

Para las coronas o puentes del grupo de metal cerámica su demanda mas alta reside como en el global de la producción anual en los meses de febrero, marzo, mayo, y junio, siendo la mas reducida en agosto y septiembre. La progresión del grupo que contiene a los implantes cerámicos tiene su mayor demanda en los meses junio, julio, septiembre y octubre, siendo la más falta en fabricación en los meses de abril y agosto. A continuación las piezas de zirconio fabricadas tiene una alta demanda en marzo y octubre y una baja demanda enero, febrero, agosto y diciembre. Las carillas sin embargo, tuvieron una fuerte demanda en el mes de febrero y junio, mientras que se redujo en los meses de agosto, septiembre y diciembre. Finalmente las protesis removibles de esqueléticos obtuvieron su demanda mas fuerte en marzo y mayo, y la mas baja en agosto.

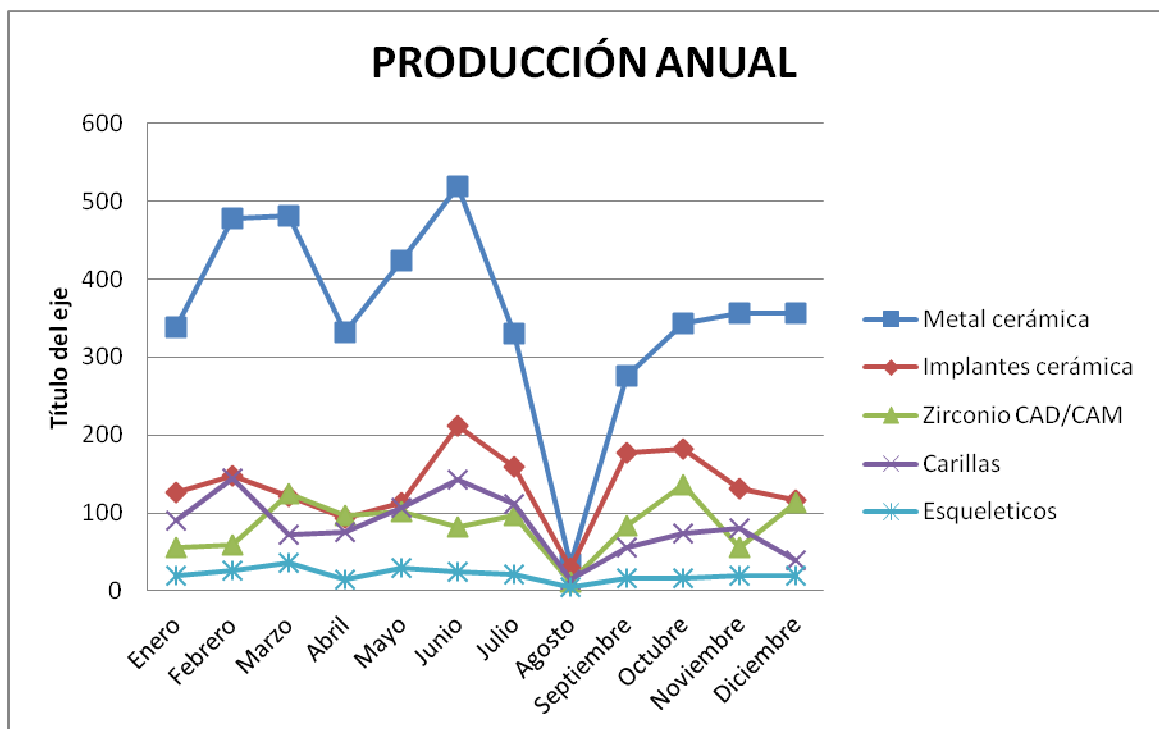


Figura 12. Producción mensual en 2011 Migros dental Elaboración propia.

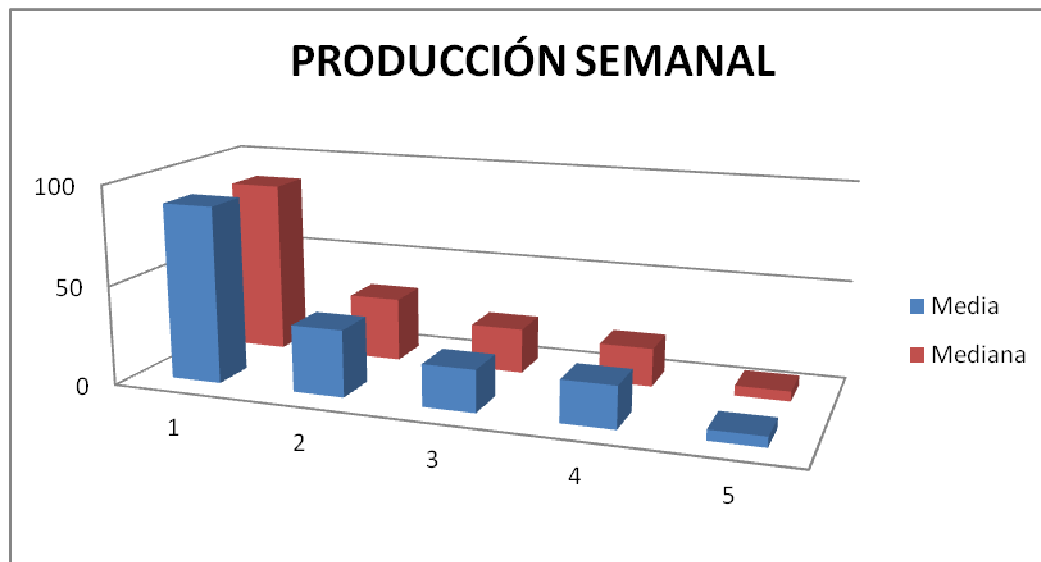


Figura 13. Producción semanal en 2011 Migros dental. Elaboración propia.

En la figura 13, se particulariza el análisis de la demanda en la producción semanal, que será utilizada más adelante en el proyecto para muestrear las producciones de piezas dentales para su posterior optimización y rediseño con una planificación detallada de cada tarea y recurso utilizado.

Teniendo en cuenta que en el gráfico presenta la cantidad de piezas a fabricar de **media semanal** referenciada durante el año 2011. Las piezas manufacturadas de media de metal cerámica semanales son de 89, los implantes cerámicos de 34 piezas, tanto carillas como zirconio son de 21 piezas semanales de elaboración y los esqueléticos son de 5 piezas semanales.

A su vez, el concepto de mediana también aparece en la figura 13. En el ámbito de la estadística, la **mediana**, representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados. De acuerdo con esta definición el conjunto de datos menores o iguales que la mediana representarán el 50% de los datos, y los que sean mayores que la mediana representarán el otro 50% del total de datos de la muestra. Las piezas confeccionadas según la mediana del grupo metal cerámica semanales son de 88, los implantes cerámicos de 32 piezas, tanto carillas como zirconio son de 20 piezas semanales de elaboración y los esqueléticos son de 5 piezas semanales. Dados los resultados de media y mediana se puede afirmar que los datos de muestra recogidos tienen la distribución de la variable simétrica.

Por lo tanto, se prevee que la producción para 2012 será muy parecida a la de 2011, debido a su igual o similar nivel de consumo en el sector dental.

2.5.3 Plan Maestro de producción, MPS

En la planificación operacional del modelo MPC , alcanzamos el MPS (Master Production Schedule), como resultado del plan de negocio y el plan de producción global, añadiendo la gestión del análisis de demanda interna y externa.

El MPS es el plan de escalonamiento del tiempo que especifica cuando planea el laboratorio construir cada artículo final, en una cantidad exacta, calidad y estilo o técnica. El MPS también indica, periodo por periodo (usualmente por semana), cuándo y cuántos de cada uno de estos tipos de piezas dentales se necesitan. Dicho plan maestro de producción tiene que tener en cuenta la planificación inicial de las capacidades del laboratorio, tomando guías de tiempos mediante diagramas de Gantt que se verán más adelante dentro de este mismo capítulo. El propósito de las guías de tiempo es mantener un flujo, razonablemente controlado, a través del sistema de producción.

El plan maestro de producción de Migros dental, deja atrás un modelo de producción, bajo ningún tipo de control ni expectativa respecto a la cantidad de fabricación que se enfrentaba. Así, el nuevo MPS de Migros dental, consistirá en mantener una estrategia siguiendo la producción media mensual del año precedente (2011), es decir, unas 680 piezas dentales al mes, piezas de metal cerámica es de 350 piezas, para implantes cerámicos 134 piezas, para piezas de zirconio 85, muy parecido que las carillas 84, y de esqueléticos 21 piezas.

Semanalmente el MPS consta de 5 días laborables y de 170 piezas repartidas en: 89 piezas de metal cerámica, los implantes cerámicos de 34 piezas, tanto carillas como zirconio serán de 21 piezas semanales de elaboración y los esqueléticos serán de 5 piezas.

En este plan de producción se tomarán como modelo base una pieza de 7 dientes, que por otro lado es la medida más común en cuanto a volumen de fabricación. Dado que las piezas dentales pueden variar, y varían en función de si es un sólo diente o corona, por el contrario es una prótesis completa de 32 dientes, o bien, si es una prótesis superior en boca o inferior de 14 dientes.

Esta medida favorece que se superen las expectativas de producción tanto en tiempos de fabricación en planta como de costes por cada pieza, porque no se utiliza la misma cantidad material en una pieza pequeña o en una grande. Consecuentemente, en la figura 14 se puede apreciar lo variable que puede ser la fabricación de piezas en cuanto a tamaño y forma de las piezas, así como la agrupación en la fabricación para reducir los tiempos de fabricación y elaboración finales.



Figura 14. Ejemplo de variación en la fabricación de piezas. Fuente: Migros dental S.A.

Más abajo, continuando por el esquema de las figuras 9 y 10 del modelo MPC dentro de la planificación detallada se encuentra el programa de MRP.

2.5.4 Plan de Requerimiento de Materiales, MRP

Sistemas de planificación de los requerimientos de materiales (MRP)

Un sistema de planificación detallada del requerimiento de materiales identifica las partes y los materiales específicos requeridos para producir artículos finales, las cantidades necesarias y las fechas de los pedidos. Cuando las empresas pasaban de un manual existente o de unos sistemas computarizados a un MRP, obtenían muchos beneficios, estas son algunas de sus ventajas:

- Capacidad para fijar los precios de una manera más competente.
- Reducción de los precios de ventas y del inventario.
- Mejorando el servicio al cliente y la respuesta a las demandas del mercado.
- Se desciende en los costes de preparación de las maquinas.
- Se reduce el tiempo de inactividad o espera.

El sistema de MRP suministra información por anticipado, de manera que los gerentes pueden ver la planificación antes de la expedición real de los pedidos,

asimismo indica cuándo demorar y cuándo agilizar, pudiendo retrasar pedidos, igualmente agiliza o retarda las fechas de entrega de los pedidos. Sin duda beneficia y ayuda en la planificación de la capacidad del laboratorio.

Los datos para la formación del plan de requerimiento de materiales son datos provenientes del MPS, también datos de la planificación de las capacidades del laboratorio (que se verán en puntos sucesivos del capítulo 2), datos de la lista de materiales con el inventario actual y anual, y por último, información del tiempo de fabricación.

Los datos de salida del MRP, que son órdenes de compra e información para la fabricación, se recibirán en el departamento de fabricación y en el de compras. El plan de requerimiento de materiales puede sufrir evoluciones tangibles, realizando una extensión del MRP, realimentando con interfases de las áreas financieras, y las áreas de gestión de inventarios con las de trabajos en curso y la contabilidad general

El primero de estos datos necesarios derivados del MPS hace referencia a la producción semanal (5 días laborables) de 170 piezas repartidas en: 89 piezas de metal cerámica, los implantes cerámicos de 34 piezas, tanto carillas como zirconio serán de 21 piezas semanales y los esqueléticos serán de 5 piezas. Las capacidades del laboratorio están definidas por el número de recursos humanos dedicados a la fabricación y organizados en diferentes secciones, con sus respectivos costes cada una, a los que hay que añadir los costes totales anuales por los materiales como se puede observar en la tabla 3. Hallamos unos costes medios por sección y empleado de:

Sección metal	(4empleados)	15,85€/hora.
Sección metal-escayola	(1empleado)	15,85€/hora.
Sección cerámica	(4 empleados)	16.80 €/hora.
Sección oficina	(2 empleados)	18.88 €/hora.

Capítulo 2: Laboratorio protésico dental

Suma de importe	Sección						
Concepto	Cerámica	Escayolas	Metal	Metal esqueléticos	Oficina	Suministros	Total general
adsl					658,51 l		658,51 l
Agua					14,54 l	63,37 l	77,91 l
aislante muñones vita	56,71 l						56,71 l
argon para laser			348,05 l				348,05 l
biodent k+b plus							347,50 l
catalizador							28,78 l
cera para colar			21,33 l				21,33 l
cera plastodent			205,55 l				205,55 l
ceramica	17.863,67 l						17.863,67 l
ceramica opaco	551,72 l						551,72 l
ceras			36,70 l				36,70 l
ceras para colar			116,82 l				116,82 l
crisol			131,51 l				131,51 l
crisoles			487,40 l				487,40 l
Discos metal			88,50 l				88,50 l
Electricidad						7.224,84 l	7.224,84 l
electrodos scorpion			326,90 l				326,90 l
escayola		1.249,02 l					1.249,02 l
escayola blanca		245,62 l					245,62 l
escayola rosa		210,90 l					210,90 l
Escayola sacos		628,94 l					628,94 l
escayolas		605,34 l					605,34 l
fresas tungsteno			356,83 l				356,83 l
galavest revestimiento			607,46 l				607,46 l
gas						2.226,50 l	2.226,50 l
isolit			29,35 l				29,35 l
liquido grabar ceramica	123,80 l						123,80 l
Metal 1 kg			202,30 l				202,30 l
Metal esqueléticos				667,27 l			667,27 l
metal wirobond			550,70 l				550,70 l
Metal wirobond 280			4.790,10 l				4.790,10 l
Metal wirobond 280 + cera			605,39 l				605,39 l
movil					867,29 l		867,29 l
Moviles					714,93 l		714,93 l
optosil y activador							257,38 l
orpal auto resina							41,11 l
Orpal don							149,55 l
orthocryl							240,72 l
orthocryl							165,20 l
Orthocryl polvo y liquido							336,30 l
orthoresin							57,12 l
oxido de aluminio chorrear			343,06 l				343,06 l
Oxigeno industrial			272,74 l				272,74 l
pasta pulir							13,43 l
pinceles ceramica	34,72 l						34,72 l
planchas foto							39,59 l
planchas rosas foto							116,92 l
rema exakt			140,42 l				140,42 l
Reparacion arenadora							188,70 l
Reparacion horno metal							267,09 l
reparacion micromotores							1.712,18 l
resina provisionales							577,39 l
Revestimiento carillas	1.799,05 l						1.799,05 l
revestimiento galivest			607,46 l				607,46 l
Revestimiento Orpal vest			218,49 l				218,49 l
Revestimiento rema exakt esqueléticos				115,76 l			115,76 l
rollo soldadura laser			186,31 l				186,31 l
silicona zetalabor							219,50 l
soldadura laser			377,60 l				377,60 l
telefono					2.122,31 l		2.122,31 l
telefono adsl					472,62 l		472,62 l
varios metal			105,76 l				105,76 l
varios ofi					2.024,02 l		2.024,02 l
varios resina							528,94 l
Total general	20.495,67 l	2.939,82 l	11.757,33 l	783,03 l	6.874,22 l	9.514,71 l	57.652,12 l

Tabla 4. Costes materiales del laboratorio anuales de 2011. Elaboración propia.

A partir de la tabla 3, se adquiere la lista de materiales utilizados según el tipo de sección para un conjunto de tareas por tipo de pieza y técnica.

Para la sección metal se precisa: argon para láser, cera para colar, cera plastodent, crisoles, discos metal (figura 15), electrodos scorpion, fresas tungsteno para la CNC, galavest para el revestimiento del metal, isolit, Metal wirobond 280, oxido de aluminio para chorrear las piezas, oxígeno industrial, rema exakt, rollo metal para soldadura laser. Metal esqueléticos, se usa el revestimiento rema exakt en esqueléticos. Precisamente para la parte de escayola se requiere: escayola en grandes cantidades, y de colores, como blanca y rosa.



Figura 15. Materia prima, discos de metal y zirconio. Fuente: Migros dental S.A.

En la sección de cerámica se necesita: aislante para muñones vita, cerámica, cerámica opaco (figura 16), liquido para grabar cerámica, pinceles cerámica, Revestimiento carillas.



Figura 16. Aplicación de material cerámico con pincel. Fuente: Migros dental S.A.

Basicamente la sección de oficina los útiles más comunes son: Agua, Internet (adsl), telefonía móvil, y material propio para el empaquetamiento de los envíos.

A continuación se procederá al siguiente apartado de la planificación detallada a raíz del requerimiento de materiales, en particular, se denomina, PAC, (Production Activity Control), es decir, Control de actividades de producción en la planta de fabricación.

2.5.5 Control de Actividades de Producción

El control de las actividades de producción (PAC), consiste en una serie de principios y técnicas usadas por los directivos para planificar, gestionar, controlar y evaluar la efectividad de las operaciones de producción en planta. Con ello se proponen unos objetivos: minimizar las inversiones en inventario, mejorar el servicio al usuario, maximizando la eficiencia de la producción.

De tal forma, se necesitan varias fases para el control de las actividades de producción. Las fases o espacios de control parten de la adquisición y el almacenamiento del conocimiento de la empresa en forma de bases de datos. Estos conocimientos son los diagramas de la estructura de producto u hojas de ruta de las piezas, especificando las tareas y los tiempos de fabricación, Entonces se utiliza diagramas de Gantt para resolver las colisiones en la asignación de recursos humanos de trabajo a las tareas para una producción concreta como ya se explicó en el apartado de MPS.

Base de Datos

Las organizaciones dependiendo del tipo de conocimiento que buscan adquieren conocimiento de diferentes formas. Antiguamente, se buscaba construir repositorios de documentos, informes, presentaciones y mejores prácticas. Estos esfuerzos se han ampliado para incluir documentos no estructurados como (email). En otros casos las empresas deben crear nuevo conocimiento descubriendo patrones de datos corporativos o utilizando estaciones de trabajo del conocimiento donde los ingenieros y la dirección pueden descubrir nuevo conocimiento. Se pretende encontrar un sistema del conocimiento coherente y organizado también requiere datos procedentes de ventas, pagos, inventario, clientes, informes, opiniones legales, investigación científica, etc.

Una vez descubiertos, los documentos, los patrones y las reglas técnicas deben almacenarse con la finalidad de poder recuperarlos y utilizarlos por los gerentes y trabajadores. Por lo general, el almacenamiento del conocimiento implica la creación de una base de datos, la administración debe apoyar el desarrollo de bases de datos estimulando el desarrollo de esquemas a nivel corporativo para indexar documentos y recompensar a los que dediquen tiempo a actualizar y a almacenar la información nueva de manera apropiada.

Hojas de ruta con diagrama de estructura del producto

En este apartado se expondrán las tareas que tienen que producirse para cada pieza como estructura del producto, más tarde se le asignarán unos tiempos de fabricación genéricos y específicos y los recursos asignados para cada tarea en concreto, todo ello consensuado con la empresa. El resultado dará las hojas de ruta que encontraremos en las tablas del **ANEXO I**. Recogerán las ordenes del proceso, la

secuencia de acciones, quién y donde se debe hacer cada operación, cuales son los tiempos de ejecución, preparación, traslado, espera y el tiempo total.

Se comienza por las piezas de **metal cerámica** mediante la técnica a **cera perdida** que siguen el siguiente orden de fabricación con las tareas de:

1- Vaciado impresiones, 2- Fraguado escayola, 3- Preparar modelo laboratorio, 4- Rebajado muñon, 5- Diseño en cera y colocacion cilindro, 6- Vaciado revestimiento, 7- Horno (Precalentamiento revestimiento), 8- Colado, 9- Enfriamiento colado, 10- Desmontaje y chorreado cilindro, 11- Corte bebedero y ajuste, 12- Repasado para cerámica (*Figura 17*), 13- Chorreado y colocación horno(*Figura 18*), 14- Horno – Oxidación(O_2), 15- Chorreado y opaco wash(*Figura 19*), 16- Horno (Cocción wash), 17- Segundo opaco(*Figura 20*), 18- Horno (Cocción opaco), 19- Montaje cerámica primera capa, 20- Horno (Cocción primera capa), 21- Repasado primero, 22- Montaje cerámica rectificación, 23- Horno (Cocción segunda), 24- Repasado final, 25- Aplicación glaseado, 26- Horno (Cocción glaseado), 27- Pulido ribete y chorreado interno, 28- Control de calidad, 29- Facturación y empaquetado.



Figura 17. Repasado para cerámica y Figura 18. Chorreado. Fuente: Migros dental S.A.

La siguiente pieza será también de **metal cerámica**, aunque esta vez será por la técnica **CAD/CAM**, las tareas son parecidas aunque hay ligeros cambios:

1- Vaciado impresiones, 2- Fraguado escayola, 3- Preparar modelo laboratorio, 4- Rebajado muñon, 5- Escaneo y diseño CAD, 6- Envio archivo stl outsourcing, 7- Tiempo recepción pieza (24h), 8- Ajuste pieza, 9- Repasado para cerámica (*Figura 17*), 10- Chorreado y colocación horno (*Figura 18*), 11- Horno – Oxidación(O_2), 12- Chorreado y opaco wash(*Figura 19*), 13- Horno (Cocción wash), 14- Segundo opaco(*Figura 20*), 15- Horno (Cocción opaco), 16- Montaje cerámica primera capa, 17- Horno (Cocción primera capa), 18- Repasado primero, 19- Montaje cerámica rectificación, 20- Horno (Cocción segunda), 21- Repasado final, 22- Aplicación glaseado, 23 Horno (Cocción glaseado), 24- Pulido ribete y chorreado interno, 25- Control de calidad, 26- Facturación y empaquetado.



Figura 19. Chorreado y opaco wash. Figura 20. Opaco normal. Fuente: Migros dental S.A.

Realizamos un salto de grupo de producción a los **implantes cerámicos** por la técnica de **cera perdida para atornillados**, las obras o tareas de manufactura son las subsecuentes:

1- Colocación silicona en implante, 2- Fraguado silicona rosa, 3- Vaciado impresiones , 4- Fraguado escayola, 5- Preparar modelo laboratorio, 6- Diseño en cera y colocacion cilindro, 7- Vaciado revestimiento, 8- Horno (Precalentamiento revestimiento), 9- Colado, 10- Enfriamiento colado, 11- Desmontaje y chorreado cilindro, 12- Corte bebedero y ajuste, 13- Repasado para cerámica(Figura 17), 14- Chorreado y colocación horno(Figura 18), 15- Horno – Oxidación(O₂), 16- Chorreado y opaco wash(Figura 19), 17- Horno (Cocción wash), 18- Segundo opaco(Figura 20), 19- Horno (Cocción opaco), 20- Montaje cerámica primera capa, 21- Horno (Cocción primera capa), 22- Repasado primero, 23- Montaje cerámica rectificación, 24- Horno (Cocción segunda), 25- Repasado final, 26- Aplicación glaseado, 27- Horno (Cocción glaseado), 28- Pulido ribete y chorreado interno, 29- Control de calidad, 30- Facturación y empaquetado.

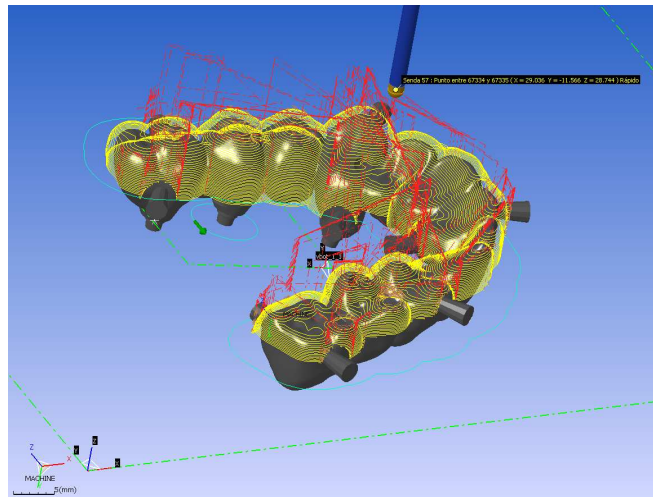


Figura 21. Preparación CAM. Fuente: Migros dental S.A.

Por otro lado los **implantes** por la técnica de **CAD / CAM** se fabrican casi idénticamente:

1- Colocación silicona en implante, 2- Fraguado silicona rosa, 3- Vaciado impresiones , 4- Fraguado escayola, 5- Preparar modelo laboratorio, 6- Escaneo y diseño CAD, 7- Unir piezas para sinterizar, 8- Envio archivo stl outsourcing, 9- Tiempo recepción pieza (24h),

10- Preparación CAM, 11- Mecanizado pieza CNC, 12- Corte pieza y ajuste, 13- Repasado para cerámica(*Figura 17*), 14- Chorreado y colocación horno(*Figura 18*), 15- Horno – Oxidación(O₂), 16- Chorreado y opaco wash(*Figura 19*), 17- Horno (Cocción wash), 18- Segundo opaco(*Figura 20*), 19- Horno (Cocción opaco), 20- Montaje cerámica primera capa, 21- Repasado primero, 22- Montaje cerámica rectificación, 23- Horno (Cocción segunda), 24- Repasado final, 25- Aplicación glaseado, 26- Horno (Cocción glaseado), 27- Pulido ribete y chorreado interno, 28- Control de calidad, 29- Facturación y empaquetado.

No obstante las piezas **Zirconio** son por la técnica **CAD / CAM** y se ejecutan las siguientes tareas:

1- Vaciado impresiones, 2- Fraguado escayola, 3- Preparar modelo laboratorio, 4- Rebajado muñon, 5- Escaneo y diseño CAD, 6- Preparación CAM y maquina zirconio, 7- Fresado maquina(*Figura 21*), 8- Corte de disco, 9- Secado pieza, 10- Aplicación colorante, 11- Secado pieza , 12- Horno - Sinterizado, 13- Ajuste pieza, 14- Montaje cerámica primera capa (*Figura 23*), 15- Horno (Cocción primera capa), 16- Repasado primero, 17- Montaje cerámica rectificación, 18- Horno (Cocción segunda), 19- Repasado final, 20- Aplicación glaseado, 21- Horno (Cocción glaseado), 22- Control de calidad, 23- Facturación y empaquetado.

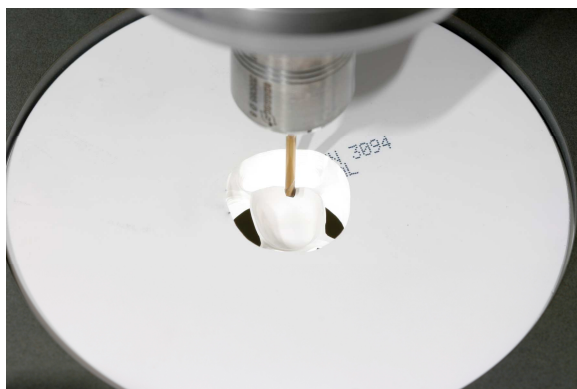


Figura 22. Fresado Zirconio. Fuente: Migros dental S.A.

En cualquier caso, el siguiente grupo de piezas son las **carillas** y tienen esta estructura de producción:

1- Vaciado impresiones, 2- Fraguado escayola, 3- Preparar modelo laboratorio, 4- Rebajado, encerado y preparación duplicado, 5- Endurecimiento silicona, 6- Vaciado silicona con revestimiento, 7- Fraguado revestimiento, 8- Horno (desgasificación revestimiento), 9- Montaje cerámica primera capa (*Figura 23*), 10- Horno (Cocción primera capa), 11- Horno (Cocción segunda), 12- Repasado final, 13- Aplicación glaseado, 14- Horno (Cocción glaseado), 15- Ajuste y pulido final, 16- Control de calidad, 17- Facturación y empaquetado.



Figura 23. Montaje cera primera capa. Fuente: Migros dental S.A.

Por último se describen la serie de tareas de las piezas de prótesis removibles **esqueléticas**:

1- Vaciado impresiones, 2- Fraguado escayola, 3- Preparar modelo laboratorio, 4- Espaciado con cera, 5- Duplicado modelo, 6- Endurecimiento silicona, 7- Vaciado silicona con revestimiento, 8- Fraguado revestimiento, 9- Horno (Precalentamiento revestimiento), 10- Inmersión para endurecer, 11- Secado, 12- Diseño con cera, 13- Preparación cilindro, 14- Vaciado revestimiento, 15- Horno (Precalentamiento revestimiento), 16- Colado, 17- Enfriamiento colado, 18- Desmontaje y chorreado cilindro, 19- Corte bebedero y ajuste, 20- Repasado y pulido, 21- Control de calidad, 22- Facturación y empaquetado.

Análisis de las hojas de ruta del **ANEXO I**

Según las anteriores estructuras de tareas de productos, y al asignar los recursos humanos y los tiempos de fabricación genéricos o específicos, resultan las tablas de las hojas de ruta del **ANEXO I**.

A continuación se procederá al análisis de las distintas hojas de ruta según los tiempos genéricos y tiempos específicos. Como se verá en siguientes capítulos, los **tiempos genéricos** fueron los tiempos que se asignaron a los tiempos medios de fabricación de piezas de un cuarto de boca (8 dientes) visto en el MPS. En cualquier caso, **los tiempos específicos** fueron mejorados una vez visto el funcionamiento del laboratorio en plena fabricación de piezas similares a la pieza de modelo, y por lo tanto, se pueden ahorrar o reducir si se fabrican algunas piezas a la vez aunque, en algunos tiempos pueda aumentar el tiempo de elaboración del proceso.

La primera de estas diferencias entre tiempos genéricos y específicos se encuentran en que los tiempos de fabricación de las piezas de metal cerámica (por cera perdida) en la cual el tiempo de producción es 425 minutos mediante tiempos genéricos, pero que se reduce un 23,5% (a 325 minutos) por tiempos específicos, eso se debe a la reducción en un 80% en el vaciado de impresiones, también existe una reducción de un 91,6% en las tareas de, vaciado revestimiento, horno (Precalentamiento revestimiento), colado, enfriamiento colado, y por último el desmontaje y chorreado cilindro, dado que por cada tareas se hacen 12 piezas conjuntamente.

Sin embargo, estos cambios no afectan demasiado a la fabricación por CAD/ CAM de metal cerámica, que solo se ve reducida de 1723 a 1720 minutos.

Según las hojas de ruta de los implantes de cerámica sobre coronas y puentes atornillados tardan un tiempo genérico de producción de 451 minutos y por tiempos específicos se reduce a 378 minutos, es decir, una reducción del 16,1%, mientras que los implantes cerámicos mediante CAD / CAM solo disminuyen un 1,5% de 1769 minutos a 1744 minutos.

Las piezas de zirconio se fabrican mediante la técnica del CAD / CAM y es el primer grupo de producción que ofrece unos resultados en discordantes con los vistos hasta ahora, aumentando 1,3% desde 910 minutos a 922 minutos. Esto es debido principalmente al aumento del tiempo de secado medio utilizado, que anteriormente era de 45 min, y que una vez visto en el laboratorio no bajaba de 60 minutos de media, por más que se reduzca tiempo, hay 2 secados por pieza, es decir, unos 30 min (15 + 15 min) a rebajar en todas las demás tareas. Se llega al mínimo de 922 minutos, al ser un tiempo muy próximo al anterior se da por buena la valoración.

El grupo de obtención de piezas carillas cerámicas se asemeja a lo visto en el apartado del zirconio, es decir, la producción por tiempos específicos del laboratorio (330 minutos) es mayor que la inicial medida de tiempos genéricos (315 minutos). Esta vez, al ser tiempos bajos, el aumento es de 4,7%, ante todo es debido a un aumento significativo en el montaje de la segunda capa de cerámica, dado que al inicio era de 5 min y en las medidas específicas ascendió 15 minutos más hasta los 20 minutos, exactamente la misma cantidad aumentada de tiempo de 15 min ascendida en el total de la manufactura.

Para cerrar este análisis, se termina con el grupo de prótesis removibles esqueléticas, las cuales reducen un 6,7% de 420 minutos genéricos a 392 minutos específicos, el mayor descenso de tiempos se produce en una tarea inicial de fraguado de escayola, donde inicialmente se tardaba 30 min y en realidad bastaba con 5 minutos por pieza.

Las hojas de ruta con diagrama de estructura del producto son las herramientas para el control de actividades en planta, es decir, serán utilizados por los recursos de manufactura del laboratorio para más tarde introducirlos en el programa informático *Microsoft Project* y obtener los diagramas de Gantt de cada pieza. Estas hojas forman el conocimiento de los empleados de planta a la hora de fabricar una pieza dental.

Diagramas de Gantt

El diagrama de Gantt es una importante herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de asignado y relacionado para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado del proyecto. Estas redes relacionan las actividades de manera que se puede visualizar el camino crítico del proyecto y permiten reflejar una escala de tiempos para facilitar la asignación de recursos y la determinación del presupuesto o costes por producción o por pieza. El diagrama de Gantt, resulta tremendamente útil para la relación entre tiempo y carga de trabajo, como veremos en

el capítulo 3 analizando los 28 proyectos a estudio para la optimización y rediseño de procesos de producción.

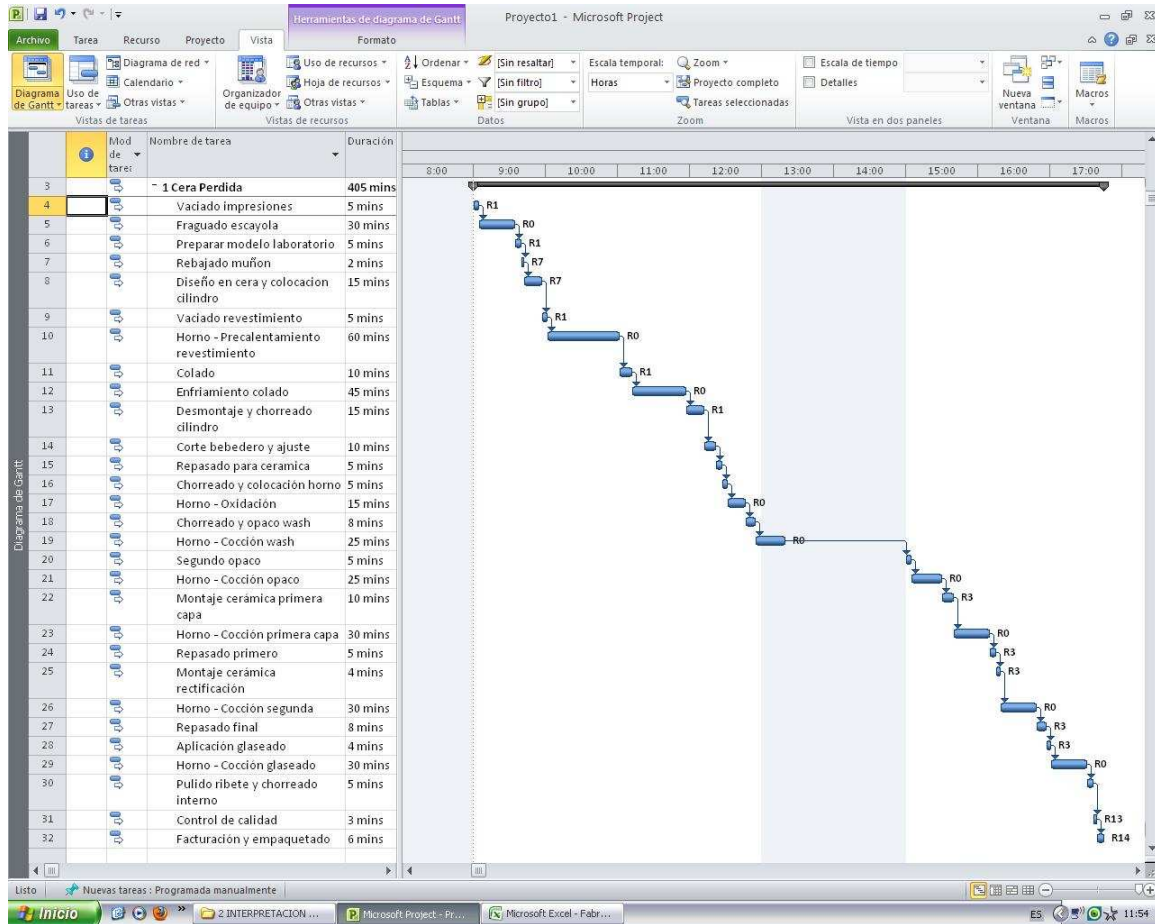


Figura 24. Diagrama de GANTT, metal cerámica por cera perdida. Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 24, básicamente el diagrama esta compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades ordenadas según el orden de generación, que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas. El calendario, en la figura 24 es el calendario laboral que mantiene de forma estándar el laboratorio de 9h a 19h, con 2 horas como descanso en la hora de la comida, por lo que se observa como una tarea de cocción de horno wash al ser propiamente asignado a un recurso espera que es el único que no tiene horario para comer, termina la tarea y espera hasta que a las 15h se continua con la siguiente tarea de aplicación del opaco un recurso de la planta de la sección correspondiente, en este caso, metal.

La programación siempre se realiza hacia delante, sin establecer prioridades en las tareas, aunque en alguno de los proyectos a estudio del capítulo 3 se pruebe la ejecución de prioridades de algunas piezas en concreto, para ver sus resultados.

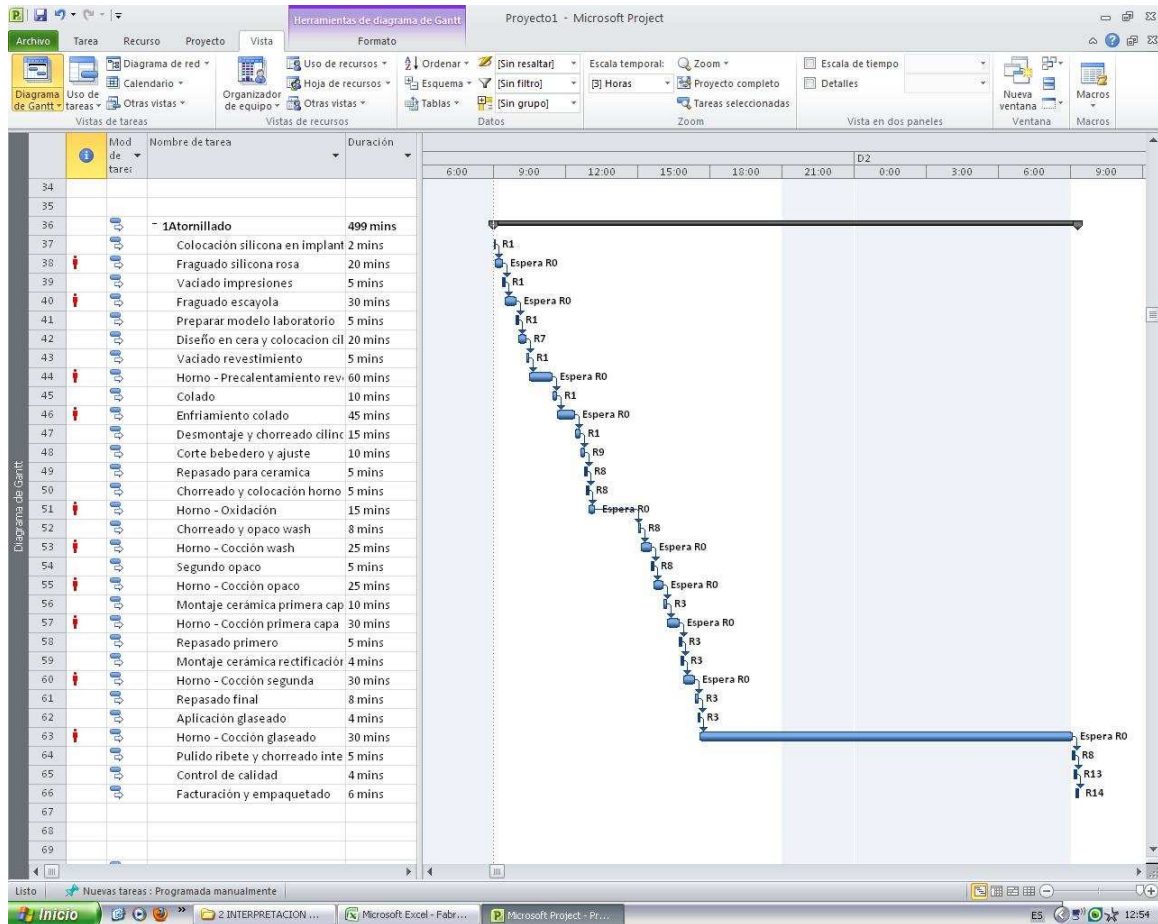


Figura 25. Diagrama de GANTT, ejemplo de sobreasignación de recursos. Elaboración propia.

Cuando se programan una media de 170 piezas a la semana, de las cuales, se reparte en distintos grupos de producción como lo visto en el MPS, gracias al análisis de demanda, con una media de 25 tareas por pieza, se producen colisiones en la realización de las misma tareas para los mismos recursos humanos de trabajo, excediendo su productividad fuera de márgenes normales, por lo que la resolución de colisiones de sobreasignaciones de recursos, debe efectuarse para todos los recursos excepto para el recurso de espera, que son dentro de la figura 25, los indicadores rojos a la izquierda de las tareas programadas con forma de persona.

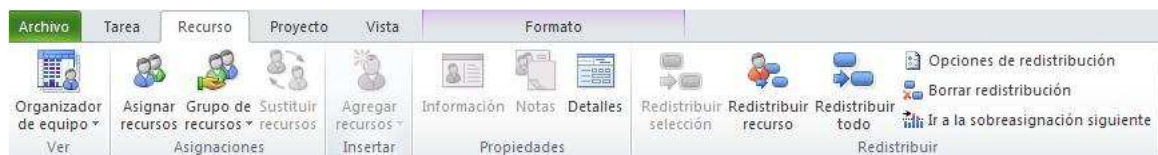


Figura 26. Redistribución de recursos para tareas sobreasignadas. Fuente M.S. Project 2010.

Precisamente, en la figura 26, para redistribuir los recursos de las tareas sobreasignadas se accede a la barra de recursos y a la derecha hay un botón "Redistribuir Recurso" donde se seleccionarán todos los recursos menos el recurso R0 de Espera. Las tareas se reparte de la manera más eficiente y esta redistribución puede tardar varios minutos por su alto volumen de datos a redistribuir. Una vez terminado el

proyecto mostrará su límite superior de tiempo de producción para el modelo de proyecto ejecutado.

El próximo apartado tratará sobre la capacidad del laboratorio, focalizando sobre la carga de trabajo de los recursos humanos de los que dispone la planta de fabricación del laboratorio.

2.6 Capacidad del laboratorio

Desde el momento en el que se pone en marcha el plan maestro de producción, MPS, se debe tener en cuenta la capacidad inicial del laboratorio para completar la planificación detallada que consta en el modelo MPC, la planificación de los materiales requeridos y la planificación detallada de las capacidades, para su posterior control en las actividades de producción y fabricación en planta.

Planificación inicial de las capacidades

La planificación inicial parte de la carga de trabajo que soporta en un principio el laboratorio en función de su coste horario y el calendario al que están sujetos determinando la cantidad de tareas que pueden desarrollar a lo largo de una jornada cumpliendo los estándares de fabricación de los tiempos de entrega.

Así pues la carga de trabajo en el laboratorio debe ser finita ajustándose a los valores reales de capacidad horaria y de productividad máximas de los trabajadores de la empresa. Sin embargo, hay un recurso que requiere mucho tiempo en la elaboración de procesos, dicho recurso es el “Recurso Espera” y que engloba las tareas que demandan un tiempo de espera que retrasa la producción de las piezas dentales y de las que no se encarga ningún trabajador de la plantilla del laboratorio de planta. Se desarrollarán profundamente en la planificación detallada de capacidades.

Recurso	Sección	Salario
R1	ESCAYOLA CNC	15,85€/hora
R2		
R3	CERÁMICA	16.80 €/hora
R4		
R5		
R6		
R7	METAL	15,85€/hora
R8		
R9		
R10		
R13	CONTROL DE CALIDAD OFICINA	18.88 €/hora
R14		

Tabla 5. Índices, sección y salario de los recursos de producción. Fuente propia

El resto de recursos de la plantilla del laboratorio Migros se presentarán según los Índices de los nombres de los recursos de la tabla 4, información suficiente para el análisis de los proyectos que se llevarán a cabo en el capítulo 3, sin identificar los nombres de las personas contabilizando solamente el coste medio salarial, como protección de datos personales. Dicha planificación se detallará en el siguiente punto donde cada recurso tendrá unas tareas y cómo se integra en la programación del M.S. Project, por grupos de producción de piezas semanalmente.

Planificación detallada de capacidades.

Usa datos procedentes del MRP, para buscar recursos de producción de la forma más eficiente posible. La técnica más usada se denomina Planificación de Requisitos de Capacidades (CRP), esta práctica asigna todas las tareas que debe hacer a un recurso individual de la plantilla o equipo de trabajo de su correspondiente sección. Después de vincular las tareas con su recurso humano pertinente, o con el recurso anteriormente mencionado, “recurso espera”, se contabiliza cuantas personas son capaces y responsables de hacer ese numero de tareas, fijando los costes de mano de obra por sección obteniendo el coste horario y finalmente el precio que cada pieza tiene debido a la mano de obra de la planta del laboratorio. A su vez se pueden incluir en los costes, los datos recogidos por el MRP, formando un coste total a repartir por cada pieza fabricada con un tiempo de fabricación piloto que une los costes de mano de obra y las cantidades de material invertido en cada pieza.

Los precios del coste de las piezas se analizarán en los distintos proyectos del capítulo3 con diversas estrategias.

En primera instancia se considera en la sección de **Metal Escayola** a una sola persona al cargo de la sección, el **recurso R1**:

R1 realiza las siguientes tareas para las piezas de metal cerámica a cera perdida: 1- Vaciado impresiones, 3- Preparar modelo laboratorio, 6- Vaciado revestimiento, 8- Colado, 10- Desmontaje y chorreado cilindro. **R1** para las piezas de metal cerámica por CAD / CAM ejecuta las tareas de la cera perdida pero antes del vaciado inicial realiza 1- Colocación de silicona en el implante. **R1** para zirconio CAD / CAM y Carillas, hace 1- Vaciado impresiones, 3- Preparar modelo laboratorio. Sin embargo **R1** en esqueléticos realiza: 1- Vaciado impresiones, 3- Preparar modelo laboratorio, 5- Duplicado modelo, 7- Vaciado silicona con revestimiento, 10- Inmersión para endurecer, 13- Preparación cilindro, 14- Vaciado revestimiento, 16- Colado, 18- Desmontaje y chorreado cilindro.

CALCULO DE LOS COSTES POR SECCIÓN **METAL ESCAYOLA**

Numero de empleados: 1

Coste medio de 1 empleado: 30042,62€

Coste sección metal: 2939.33 €/ 1 empleado = 2939.33 €

Coste total anual empleado: 32981.95 €/año = 15,85€/hora

Por consiguiente, la sección de **Metal CNC** a una sola persona al cargo de la sección, el **recurso R2**. Solamente entra en escena cuando existen piezas de CAD / CAM y se utiliza lógicamente los centros de mecanizado CNC. **R2** en metal cerámica ejecutará las tareas: 6- Envío archivo stl outsourcing. **R2** en implantes cerámica comete las tareas: 7- Unir piezas para sinterizar, 8- Envío archivo stl outsourcing. **R2** en zirconio realiza las tareas: 6- Preparación CAM y maquina zirconio.

CALCULO DE LOS COSTES POR SECCIÓN **METAL CNC**

Numero de empleados: 1

Coste medio de 1 empleado: 30042,62€

Coste sección metal: 2939.33 €/ 1 empleado = 2939.33 €

Coste total anual empleado: 32981.95 €/año = 15,85€/hora

La tercera sección hace referencia a la sección **Cerámica** con los los recursos **R3, R4, R5, y R6** a cargo de las siguientes tareas de fabricación en planta. Metal cerámica, cera perdida, CAD / CAM, Implantes cerámica, atornillado y CAD / CAM, Zirconio CAD / CAM y finalmente carillas: 19- Montaje cerámica primera capa, 21- Repasado primero, 22- Montaje cerámica rectificación, 24- Repasado final, 25- Aplicación glaseado. Aunque en las carillas se añaden un par de tareas previas como son: 4- Rebajado, encerado y preparación duplicado, 6- Vaciado silicona con revestimiento.

CALCULO DE LOS COSTES POR SECCIÓN **CERÁMICA**

Numero de empleados: 4

Coste medio de 1 empleado: 29832.47 €

Coste sección metal: 20495.67€ / 4 empleados = 5123.9 €

Coste total anual empleado: 34956.39 €/año = 16.80 €/hora

La sección de **Metal** incluye 4 empleados a su cargo, que son **R7, R8, R9 y R10**. Las tareas asociadas a cada recurso como se observan en las hojas de ruta del **ANEXO I** son a diferencia de la sección de cerámica repartidas en función de la experiencia adquirida, aunque cada recurso de la sección de metal está capacitado para realizar las tareas de los demás igualmente, aunque el único que realiza tal función es **R10**. **R7** realiza las tareas en metal cerámica, cera perdida, CAD /CAM, implnates cerámica y zirconio CAD/ CAM: 4- Rebajado muñon, 5- Diseño en cera y colocacion cilindro. Para esqueléticos efectua: 4- Espaciado con cera, 6- Endurecimiento silicona, 12- Diseño con cera. **R8** efectua en las piezas de metal cerámica y de implantes cerámica en los tipos de cera pérdida y CAD / CAM las siguientes tareas: 12- Repasado para cerámica (*Figura 17*), 13- Chorreado y colocación horno (*Figura 18*), 15- Chorreado y opaco wash (*Figura 19*), 17- Segundo opaco. **R9** realiza las siguientes tareas para las piezas de metal cerámica e implantes cerámica a cera perdida: 11- Corte bebedero y ajuste, para las piezas de metal

cerámicae implante cerámica por CAD / CAM ejecuta: 5- Escaneo y diseño CAD, 8- Ajuste pieza. Desarrollar para zirconio CAD / CAM las tareas de: 5- Escaneo y diseño CAD, 8- Corte de disco, 10- Aplicación colorante, 13- Ajuste pieza. Sin embargo en esqueléticos realiza: 19- Corte bebedero y ajuste, 20- Repasado y pulido.

CALCULO DE LOS COSTES POR SECCIÓN METAL

Numero de empleados: 4

Coste medio de 1 empleado: 30042,62 €

Coste sección metal: 11757,33 € / 4 empleados = 2939.33 €

Coste total anual empleado: 32981.95 €/año = 15,85€/hora

Por último la sección que corresponde a la **Oficina**, engloba a los recursos **R13**, y **R14** encargados del control de la calidad y de la facturación y empaquetado de los pedidos ya que controlan las entradas y salidas de pedidos del laboratorio. Evaluar el número de órdenes de producción completadas con relación a las que se han recibido, es asimismo una medida de la eficiencia, y proporciona datos de realimentación para la planificación de la producción MPC.

CALCULO DE LOS COSTES POR SECCIÓN OFICINA

Numero de empleados: 2

Coste medio de 1 empleado: 35839 €

Coste sección metal: 6874.22 € / 2 empleados = 3437.11 €

Coste total anual empleado: 39276.11 €/año = 18.88 €/hora

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de	Iniciales	Grupo	Capacidad	Tasa
R1	Trabajo		R1	ESCAYOLA	100%	15,85 €/hora
R2	Trabajo		R2	CNC	100%	15,85 €/hora
R3	Trabajo		R3	CERÁMICA	400%	16,80 €/hora
R7	Trabajo		R7	METAL	200%	15,85 €/hora
R8	Trabajo		R8	METAL	100%	15,85 €/hora
R9	Trabajo		R9	METAL	100%	15,85 €/hora
R13	Trabajo		R13	CONTROL DE	100%	18,88 €/hora
R14	Trabajo		R14	OFICINA	100%	18,88 €/hora
R0	Trabajo		R0	ESPERA	100%	0,00 €/hora

Tabla 6. recursos humanos del laboratorio. Fuente propia

Se observa en la tabla 5 un ejemplo en un proyecto cualquiera de los modelos que se utilizan en el estudio posterior para la optimización y rediseño de procesos de producción en el tercer capítulo. Llama la atención la columna de capacidad, esto hace referencia al número de personas que están trabajando en dicho producto o pieza

dental, es decir, en la sección de escayola solo hay un encargado, R1 y aparece un 100%, sin embargo observamos como en R3 de la sección de cerámica comprende a los cuatro recursos de la sección y por eso aparece un 400%, en R7 emerge un 200% y esto es provocado por la reubicación de R10. En un color rojo enfatiza el “recurso espera” R0, porque se encuentra en una situación de sobreasignación de recursos, como ya se explicó anteriormente, en el R0, es el único recurso que puede sobreasignarse ya que pueden esperar a la vez un número ilimitado de tareas.

2.7 Planta de Fabricación

La planta de fabricación es la unidad de fábrica donde se programan los trabajos e informes, también los movimientos de materiales y los procesos de fabricación. Controlando en todo momento los procesos de la planta y la calidad de los acabados en las piezas. En este apartado se describirán las distintas ingenierías utilizadas en la planta de fabricación, se encuentra la ingeniería básica donde se programarán las operaciones mediante sistemas de producción y/o sistemas de fabricación flexible. No obstante la ingeniería detallada puntualiza sobre las tareas u operaciones primarias, secundarias y de acabado.

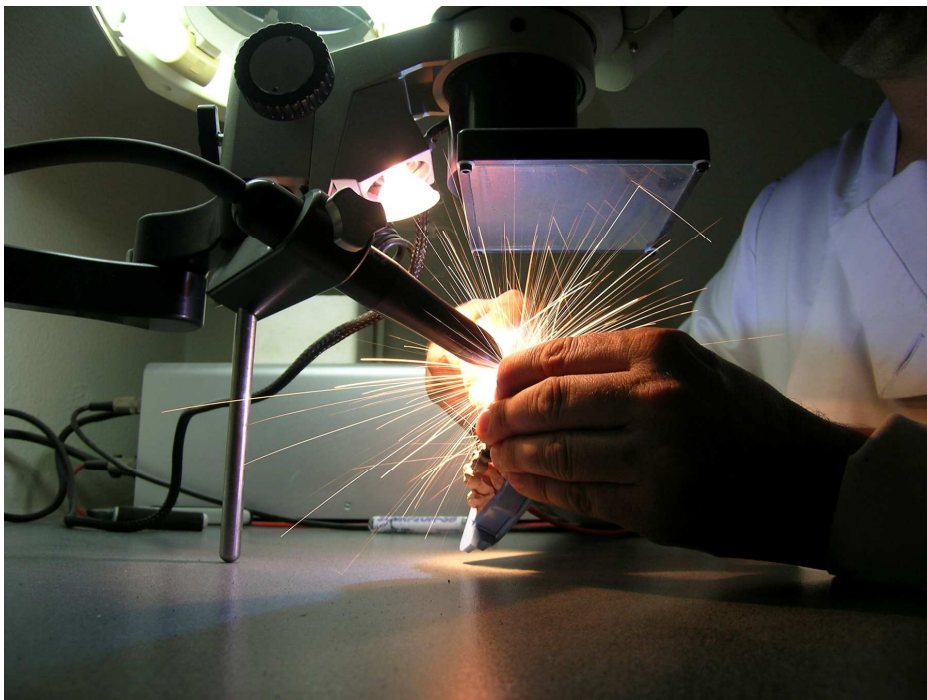


Figura 27. Soldadura de adición. Fuente: Migros dental S.A.

2.7.1 Ingeniería básica

La denominada ingeniería básica comprende la programación de tareas y operaciones, como la soldadura de la figura 27, se aplica en sistemas de producción una vez se hayan recopilado los datos e informaciones relevantes del departamento de ingeniería de diseño y posteriormente de planificación y control de la producción. Precisamente se toma en relevancia si el diseño es conceptual o repetitivo, se reciben los moldes dentales de los pacientes, se valora el tipo y la complejidad del trabajo: grado de asimetría, número de piezas dentales, cómo ensamblarlas, tiempos de entrega. Además se realiza un análisis de tolerancias preciso en función de la técnica utilizada.

Por otro lado, en la fase de diseño los ingenieros usan el CAD ocasionalmente, y al no disponer de una formación básica en computadores, requiere una formación específica que les permita familiarizarse con las complejas herramientas. Así pues, para el uso eficiente del CAD se necesita que el personal de diseño tenga un alto grado de dedicación a los sistemas CAD, consiguiendo una gran soltura con el tiempo. Pretendiéndose mejorar la aceptación de un sistema CAD seleccionando el más adecuado a las necesidades de usuario. Usando un lenguaje familiar con el diseñador (datos de potencia, o de velocidad de giro, en vez de medidas geométricas), fomentando de esta manera la interacción con las fases de fabricación en la planta.

Generar el proceso de fabricación a partir de la información del diseño se integra consecutivamente con la herramienta **CAM (Computer Aid Manufacturing)** es decir, cualquier proceso de fabricación automática que esté controlado por ordenador (isla de automatización), representa simulaciones gráficas de procesos de producción como en la figuras 6, 8, 21, 28.

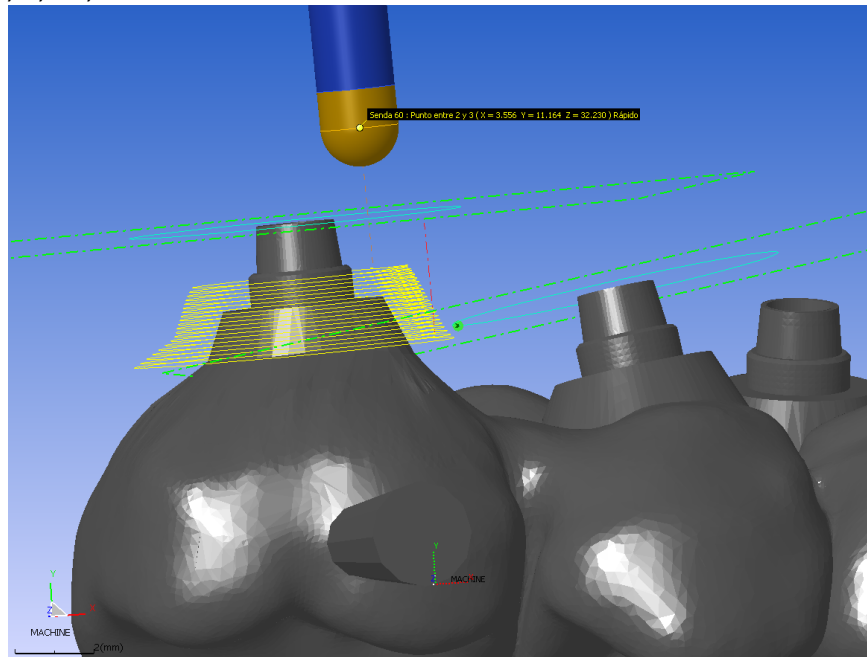


Figura 28. Fabricación pilares de implante mediante programa CAM. Fuente: Migros dental S.A.

En la figura 28 se aprecia un ejemplo de análisis en la fabricación en programa CAM de un pilar de un implante donde se encajará los tornillos que lo unirán a la boca del paciente. Este análisis previo a la fabricación en el centro de mecanizado permite observar si existe alguna imperfección en el proceso o alguna incongruencia con los estándares de calidad demandados por el cliente.

Así pues resulta la herramienta CAM un paso anterior a la fabricación en maquina que utilizando los datos del diseño acciona con un código alfanumérico las acciones de la maquina. Estos aspectos de la CAM se conocen como Control Numérico (CN). Se logran alcanzar ventajas como la reducción de los tiempos de fabricación y los tiempos muertos, así como los tiempos en reglajes y los tiempos de comprobación ya que no se fabrica a “prueba y error” sino directamente se obtiene la pieza fabricada ahorrando considerablemente el uso de utillajes y mano de obra con un mejor aprovechamiento de las maquinas. Por el contrario se encuentra la gran inversión inicial por la compra de la máquina, la necesidad de un personal especializado en CAD / CAM y que por lo tanto se necesita un tiempo de adaptación.

Sin embargo, si computerizamos el proceso de introducción de los códigos alfanuméricos almacenando en una memoria interna de la maquina, este proceso se llama **Control numérico computerizado (CNC)**. Programa una secuencia de instrucciones a ejecutar para realizar una operación, estos programas se pueden generar en el ordenador de la unidad de control de la máquina, como se aprecia en la figura 29 a la derecha de la imagen. Incrementa las ventajas del anterior CN descrito porque los programas CAM generados desde el CAD introducen y editan directamente, almacenando programas enteros de piezas, programándolo una vez, puede ejecutarse muchas más veces. Además contiene un software de compensación de herramientas.



Figura 29. CNC ULTRASONIC 10 (SAUER). Fuente: Migros dental S.A.

Todos los ficheros CAD/ CAM crean una inmensa base de datos, y si el volumen es muy grande se necesitará un ordenador central que comunique con varias máquinas CNC, este control se define como **Control numérico directo (CND)**, hará las funciones de ordenador central, gestionando programas de las máquinas con la base de datos de producción, es bastante apropiado su uso para la programación de piezas por ordenador a partir de información CAD, aunque en Migros dental solamente exista una sola máquina se debe tener en cuenta por si en el futuro se adquieren nuevas máquinas.

Como consecuencia de los controles numéricos descritos, el siguiente nivel de sistemas de fabricación contiene un grupo de máquinas herramienta con control numérico que permite procesar un conjunto de piezas, con un sistema automático de manejo de materiales, y un control central para gestionar el uso de recursos, de forma que el sistema se adapte automáticamente a cambios del producto a fabricar y a los niveles de producción, este nivel de sistemas de fabricación se denomina, **Sistemas de fabricación flexible (SFF)**.

Los sistemas de fabricación flexible a su vez están compuestos por varios niveles que involucran a todos los niveles jerárquicos de la compañía. Implica a una o más máquinas que, de forma automática, producen familias de piezas de características similares. Típicamente integran la manipulación de la pieza y de la herramienta.

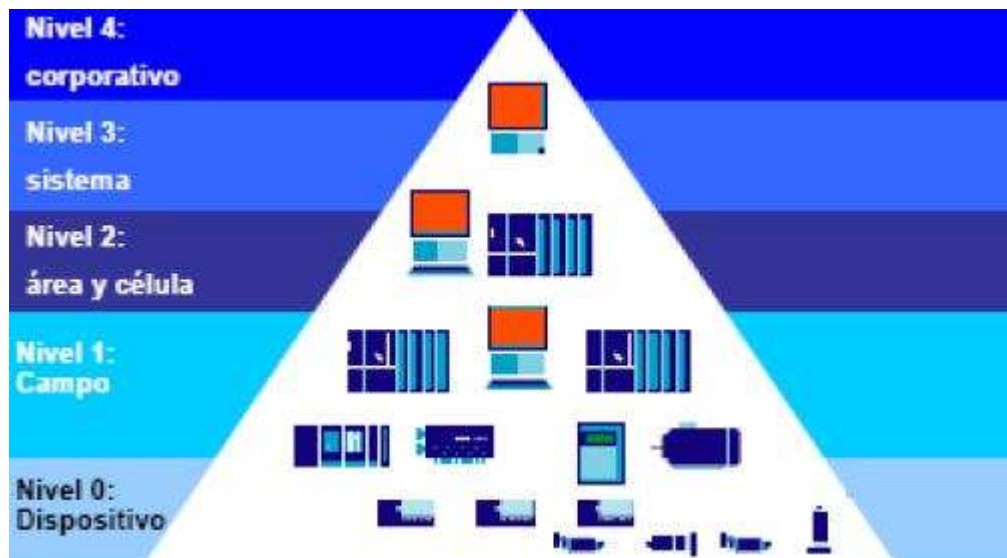


Figura 30. Pirámide de sistemas de fabricación flexible. Fuente: [REGH-CIM]

En la figura 30, se distinguen estos niveles del SFF, El nivel 4 es el corporativo o de empresa, se encarga de preparar los programas de computador, así como el código alfanumérico, expide las órdenes de compra de materias primas al igual que los documentos para productos terminados. El nivel de empresa gestiona la producción de la célula.

Progresivamente, el nivel 3 del sistema carga y descarga el software de producción de las máquinas (CAD / CAM), también ejecuta la sincronización de las

operaciones de la célula, calibra y establece las herramientas a utilizar, realiza inventarios de materias primas, herramientas usadas y productos acabados.

EL nivel 2 corresponde a las células de mecanizado, se carga y descarga el material en las estaciones, se efectúa la calibración central y el control de calidad de la célula.

El nivel 1 concierne a los centros de mecanizado de sistemas de fabricación por control numérico CNC, así como a las operaciones manuales, compensaciones de desgastes de herramientas, calibración y control de calidad de las máquinas.

El postrero nivel de los sistemas de fabricación flexibles, se designa como nivel dispositivo porque contiene sensores, actuadores, conectores, componentes: hidráulicos, neumáticos, eléctricos.

Llegado a este punto es importante recordar la diferencia entre flexibilidad y reconfigurabilidad. La flexibilidad se encuentra ligada a las operaciones que se pueden realizar en el sistema actual, mientras que la reconfigurabilidad está ligada a las operaciones que se pueden realizar en un futuro en caso que sea necesario, aunque ello requiera de una reestructuración. Existen diferentes formas de flexibilidad en la producción, para cada una de estas formas de flexibilidad se requiere un coste y reporta unos beneficios. A la hora del diseño es necesario establecer ese balance coste-beneficios que se adapte a la producción prevista.

Los tipos de flexibilidad de un sistema de fabricación se diferencian por la **flexibilidad de la configuración** por la que se pueden añadir o quitar dispositivos con facilidad. También la **flexibilidad en las operaciones de máquina** dando facilidad para cambiar las operaciones realizadas y su orden. Además la **flexibilidad en la manipulación de partes y material**: disposición más sencilla para realizar tareas sobre materiales y partes diferentes. Así pues la **flexibilidad en el control** confiere capacidad para cambiar secuencias y organización. Finalmente la capacidad de incorporar nuevas tareas recae sobre la **flexibilidad de operaciones manuales**.

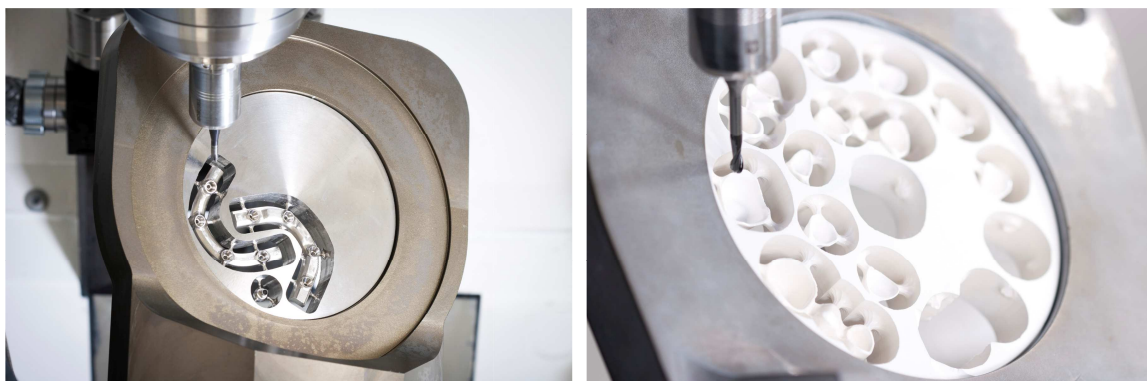


Figura 31. Flexibilidad en la fabricación de implantes y material de titanio (Izq) y Figura 32. Flexibilidad en la manipulación de partes y material zirconio (Drch). Fuente: Migros dental S.A.

2.7.2 Ingeniería detallada

La ingeniería detallada se focaliza sobre las tareas u operaciones primarias, secundarias y de acabado que se dan lugar en el laboratorio de protésico dental.

Operaciones primarias

Las operaciones primarias son aquellas que convierten las materias primas a la geometría básica del producto final como por ejemplo (Función, conformado, corte con arco o con oxifuel, serrado). Dentro de las tareas que se realizan para toda la gama de piezas destaca el colado del metal en previo calentamiento de bloques de metal en el horno.

Operaciones secundarias

Las operaciones secundarias son todas aquellas operaciones que realizan los centros de mecanizado, torneado, mandrilado (torneado interior), el taladrado para agujeros. El más común en el CNC del laboratorio es el **fresado** (arranque de material con una herramienta de corte rotatoria con varias cuchillas. Vertical u horizontal). Se puede observar en las figuras 31 y 32 de la página anterior. Los operarios pulen las piezas mediante **Rectificado** con el uso de muelas abrasivas que disponen de distintos tamaños de grano, así como la dureza del disco y configuración de los granos en el disco. En la tarea de corte de disco y en la de repasado final como en la figura 33. Las uniones entre piezas metálicas para puentes o implantes se realizan por medio de soldadura, como en la figura 27.



Figura 33. Repasado final a corona de zirconio. Fuente: Migros dental S.A.

Por otra parte se encuentran los cambios de propiedades físicas que producen un aumento de la dureza, resistencia y endurecimiento de la superficie de metales y cerámicas. Al igual que el sinterizado para metal o cerámica y los fraguados de los moldes de escayola y de los revestimientos de las superficies de las piezas.

Operaciones de acabado.

En las operaciones de acabado no se cambian las propiedades físicas de los materiales, en algunos casos se añade una fina capa para incrementar el tiempo de vida y facilitar el mantenimiento del producto, o bien para prevenir la oxidación. Normalmente se hace con un tratamiento térmico, en la elaboración de piezas esto ocurre con las tareas de cerámica con las sucesivas cocciones de opaco primario, opaco secundario y glaseado para que el color de las piezas dentales sea el apropiado en referencia al demandado por el cliente. Para ello existen unas paletas con distintas tonalidades del esmalte dentario. Como se puede ver en la figura 34.



Figura 34. Paleta de tonalidades de esmalte dentario. Fuente: Migros dental S.A.

2.8 Conclusiones del capítulo

En resumen, el capítulo 2 ha descrito el laboratorio Migros en toda su actividad desde su historia, su organización como empresa que fabrica una amplia gama de productos de protésico dental, así como su división en varias secciones Metal (escayola, CNC y metal), Cerámica, Resina, y Oficina en el cual se trata la gestión de las finanzas, marketing y controles de calidad finales. El análisis interno y externo que junto con la ingeniería de diseño ha proporcionado la información necesaria para la planificación (plan maestro de producción, MPS, plan de requerimiento de materiales, MRP), y control de las actividades de producción, PAC. Obteniendo consigo “Diagramas de Gantt” de las hojas de ruta de las estructuras de las piezas dentales, con una asignación de recursos humanos y materiales dada la capacidad interna del laboratorio para su posterior fabricación en la planta utilizando sistemas flexibles o tecnologías CAM, así como operaciones de ingeniería detallada de cambio de propiedades físicas u operaciones de acabado.

Todo el repaso del capítulo 2 sobre el Laboratorio Migros dental prepara los cimientos para el próximo capítulo de planificación estratégica integral del proceso de fabricación.

CAPÍTULO 3

PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

3.1 Introducción

La planificación estratégica integral del proceso de fabricación se entiende como un proceso que persigue conseguir **Ventajas Competitivas** mediante el desarrollo de un conjunto de acciones a través de la adecuación de los recursos y capacidades de la empresa al entorno en el que opera y satisfaciendo los objetivos de los múltiples grupos de interés que intervienen en la empresa. Esas mencionadas acciones son la proyección de estrategias corporativas que mediante su planificación, y rediseño, logrará la optimización del proceso de fabricación.

La proyección de las diferentes estrategias está basada en la actual producción del laboratorio teniendo en cuenta hasta la más innovadora tecnología de tipo de fabricación pudiéndose implantar en un futuro próximo, dependiendo de la obtención de resultados satisfactorios al final del estudio que se realizará a lo largo del presente capítulo 3 en función de las necesidades que realice la dirección de producción del laboratorio. De esta forma, se tiene en cuenta las prioridades de las piezas según el tipo de demanda, aparte de los comienzos en la fabricación y los distintos maneras o

posibilidades que existen de fabricación (en función del volumen de piezas a producir), todo bajo un horario laboral eficiente y adaptado al trabajo de elaboración de piezas para su mayor productividad y efectividad en el proceso de producción. Todos los proyectos estudiados parten de la base de producción semanal del MPS (del capítulo anterior) el cual consta de 5 días laborables y de 170 piezas repartidas en: 89 piezas de metal cerámica, los implantes cerámicos de 34 piezas, tanto carillas como zirconio serán de 21 piezas semanales de elaboración y los esqueléticos serán de 5 piezas.

3.2 Estrategias corporativas

Primeramente se definirá el *concepto de estrategia* por dos concernientes en la historia en cuanto a estrategias se refiere, *Sun Tzu* y *Michael Porter* definiéndolo de esta manera:

“La estrategia es la gran tarea de la organización. En situaciones de vida o muerte, es el Camino de la supervivencia o de la extinción. Su estudio no puede ser eludido”.
(*Sun Tzu. 360 años A.C. El arte de la guerra*).

“Estrategia es la dirección y alcance de una organización a largo plazo, y permite conseguir ventajas para la organización a través de su configuración de recursos en un entorno cambiante, para hacer frente a las necesidades de los mercados y satisfacer las expectativas de los stakeholders (partes interesadas)”. (M. Porter, 1987.)

No obstante, resulta que la **tabla 6** de resumen de proyectos es la **tabla referencia** del estudio del capítulo 3, donde se indica el nombre, número y tipo de proyecto que se pretende estudiar en función de las estrategias deseadas para la búsqueda del cumplimiento y mejora de los objetivos de la empresa.

En el actual apartado, se pondrá en práctica la descripción y el análisis de las diferentes estrategias corporativas que el laboratorio quiere analizar. Entre las estrategias encontramos 6 grupos de estrategia abordando al menos 2 opciones por cada grupo de estrategias. Según la tabla 6 de resumen de proyectos se observan claramente los 6 grupos de estrategias mencionados, estos son: Tipo de Fabricación; Tiempos (de fabricación); Calendario (laboral); Comienzo; Prioridades y por último Producción.

La combinación de todas las estrategias genera un total de 28 proyectos a estudio, que al final proporcionará unos resultados, los cuales se analizarán y por lo tanto servirán para saber a qué nivel debe fabricar el laboratorio.

A continuación se tendrán en consideración los 6 grupos de estrategias con sus respectivas explicaciones:

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Proyecto	Tipo	Tiempos	Calendario	Comienzo	Prioridades	Producción	Tipo de Fabricación
Proyecto 1	a	Genéricos	Estándar	Inicio	500	Actual	Bloques
	b		Proyecto				
	c		Proyecto				
	A	Específicos	Estándar	Inicio			
	B		Proyecto				
	C		Proyecto				
Proyecto 2	a	Genéricos	Estándar	Inicio	500	Actual	Continuo
	b		Proyecto		Descendente		
	c		Proyecto				
	A	Específicos	Estándar	Inicio	500		
	B		Proyecto		Descendente		
	C		Proyecto				
Proyecto 3	a	Genéricos	Estándar	Inicio	500	M.C. CAD/CAM	Continuo
	b		Proyecto			M.C. + I.C. CAD/CAM	
	c		Proyecto				
	d		Estándar			M.C. CAD/CAM	
	A	Específicos	Estándar	Inicio		M.C. CAD/CAM	
	B		Proyecto			M.C. + I.C. CAD/CAM	
	C		Proyecto				
	D		Estándar			M.C. CAD/CAM	
Proyecto 4	A	Específicos	Estándar	Inicio	500	M.C. CAD/CAM	Bloques
	B		Proyecto			M.C. + I.C. CAD/CAM	
	C		Proyecto				
	D		Estándar			M.C. CAD/CAM	
	E		Estándar	Escalonado		M.C. CAD/CAM	
	F		Proyecto			M.C. + I.C. CAD/CAM	
	G		Proyecto				
	H		Estándar			M.C. CAD/CAM	

Tabla 7a. Tabla resumen de proyectos. Elaboración propia.

PROYECTOS	DEFINICIÓN BREVE
P1	Fabricación actual de comienzo inicio y escalonado , en bloques con tiempos genéricos y específicos,
P2	Fabricación actual desde inicio, continua con tiempos genéricos y específicos, prioridad descendente
P3	Fabricación continua desde inicio, en bloques con tiempos genéricos y específicos , en CAD/CAM
P4	Fabricación actual de comienzo inicio y escalonado, en bloques con tiempos específicos, en CAD/CAM.

Tabla 7b: Definición breve del tipo de proyecto. Elaboración propia

El primer grupo que se planteó fue el **Tipo de fabricación**, dado que hasta el momento se estaban manufacturando todas las piezas sin ningún tipo de orden ni referencia. Por esa misma razón se optó por 2 tipos de fabricación para las 170 piezas semanales:

La primera era la fabricación en **Continuo** la cuál consiste en fabricar 89 piezas de metal cerámica, 34 piezas de implantes, 21 de zirconio, 21 de carillas, y por último 5 piezas de prótesis removibles esqueléticas.

Esta estrategia es la más parecida al arquetipo de fabricación que se llevó a cabo en la fase de recopilación de datos del laboratorio al inicio del proyecto, así como el tipo de fabricación mas habitual en la historia reciente del laboratorio Migros dental.

El segundo tipo de fabricación se detalló por la fabricación en **Bloques** albergando distinto número de piezas para un mejor acoplamiento. En definitiva tipo de fabricación por bloques pretende ocupar la manufactura diaria en 5 grupos de producción idénticos correspondientes a los 5 días laborables de la producción semanal. Siendo cada grupo asociado a *1 bloque de 5 piezas* (metal cerámica a la cera perdida, implante cerámico atornillado, zirconio CAD /CAM, Carilla y esquelético), *3 bloques de 4 piezas* (las 4 primeras del bloque de 5 piezas), *3 bloques de 2 piezas* (cera perdida y atornillado), y *un último grupo* compuesto de 11 piezas de metal cerámica, como se puede atender en la **figura 35**. Con dicha distribución diaria de los 5 grupos se procura ordenar aún mas si cabe, fabricando 34 piezas diarias de media con la repartición media de los tipos de piezas en bloques según la demanda estudiada en anteriormente. Los bloques cumplen a su vez una función importante, la elaboración de distintos conjuntos de piezas distintas que son fácilmente programables por si en futuros años la demanda aumenta o disminuye en conjunto o en un tipo de pieza en particular, ya que no siempre se van a cumplir las expectativas de la demanda media semanal y/o diaria.

- 5 Piezas Bloque 1	- 4 Piezas Bloque 3	- 2 Piezas Bloque 3
+ Cera Perdida	+ Cera Perdida	+ Cera Perdida
+ Atornillado	+ Atornillado	+ Atornillado
+ CAD / CAM	+ CAD / CAM	- 1 Pieza Bloque 1
+ Carillas	+ Carillas	+ Cera Perdida
+ Esqueléticos		

Figura 35. Tipo de fabricación por bloques. Elaboración propia.

El segundo grupo de estrategia hace referencia a los **tiempos genéricos y específicos de fabricación** que se tuvieron en cuenta en el capítulo 2 apartado 5 de control de actividades de producción, donde se analizaron la diferencia de los tiempos en las hojas de ruta con las estructuras de producto de cada pieza.

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Se consideran los **tiempos genéricos** como los tiempos asignados a los tiempos medios del modelo de piezas de un cuarto de boca visto en el MPS, son tiempos medios por pieza y tarea consensuados con todos los miembros del laboratorio responsables de la producción, con ello se valoraba el propio conocimiento del equipo sobre los tiempos de fabricación. Sin embargo, los tiempos fueron mejorados, denominados **tiempos específicos** para la optimización de la producción se decidió cronometrar todos los tiempos dedicados a las tareas individualmente con un modelo de pieza similar al modelo demandado por el MPS para todas las técnicas posibles y por lo tanto pudiéndose ahorrar o reducir algunos tiempos considerablemente si se fabrican algunas piezas a la vez, aunque en otras tareas los tiempos puedan aumentar, o bien por la estación del año (calurosa o fría) para calentar o enfriar las piezas, o bien porque el repasado de un mayor número de piezas dentales necesita un mayor tiempo por pieza.

El tercer grupo de estrategia particulariza sobre la acotación de las capacidades de los recursos humanos de la empresa, en tanto en cuando al horario laboral dividido en 2 tipos de **calendario** que se simplifican en el tipo de semana estándar de trabajo sin considerar ningún tipo de día festivo. Por ello, todo proyecto iniciará un calendario laboral (independiente del inicio del año fiscal), el día 1 lunes más próximo en el calendario, es decir, el lunes 1 de octubre de 2012.

Como se indicará en uno de los últimos capítulos de futuros trabajos, puede ser útil dicho calendario como una base de cualquier semana que comience en lunes día 1, incluso si se decidiera por parte de la dirección implantar alguna de las estrategias a corto- medio plazo.

Los **calendarios** utilizados en el estudio, como se aprecia en la tabla 6 son:

Calendario estándar (estándar) con color rojo, define el horario laboral que tiene el laboratorio actualmente iniciando la jornada a las 9:00 horas con un descanso de 2 horas para comer de 13:00 a 15:00 horas terminando la jornada a las 19:00h. Asignado también a los recursos de los trabajadores. Como se ve en la figura 36.

Calendario específico (proyecto1) con color azul, define el horario laboral que piensa el laboratorio como alternativa iniciando la jornada a las 9:00 horas con un descanso de 1 hora para comer de 14:00 a 15:00 horas terminando la jornada a las 18:00h. Asignado también a los recursos de los trabajadores. Como en la figura 36.

Nombre del recurso ▼	Tipo ▼	Calendario base ▼	Calendario ▼
R1	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R2	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R3	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R7	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R8	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R9	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R13	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R14	Trabajo	Estándar	Proyecto 1
R0	Trabajo	24 horas	24 horas

Figura 36. Calendarios Estándar y Proyecto. Elaboración propia.

Así pues, la siguiente estrategia, la cuarta, está relacionada con los **comienzos en la fabricación** de piezas a raíz de la entrada media de pedidos diaria o semanal. Los comienzos se definirán como: Inicio y escalonado.

El comienzo en **inicio** define a todos los proyectos para que comiencen su producción el primer día del proyecto, es decir, el lunes 1 de octubre de 2012. Programando absolutamente todas las tareas de la producción de las 170 piezas acordadas en el MPS con la libertad que analíticamente calcule el programador del MS Project.

El otro comienzo a estratégico será el **escalonado**, que consiste en programar los grupos del tipo de fabricación por bloques al inicio de cada día, cada grupo constituido por los bloques vistos en la figura 35. La programación asociará la entrada de pedidos de 34 piezas por día, siendo: El grupo 1 de producción el lunes, el grupo 2 el martes, el grupo 3 el miércoles, el grupo 4 el jueves, y el grupo 5 el viernes.

En la quinta estrategia, se planteó la posibilidad de dar **prioridades** a las piezas más demandadas según los análisis de temas anteriores. De esta forma se quería saber si afectaban las prioridades el ritmo de obtención de piezas terminadas. Por ello, en el programa MS Project existe la posibilidad de otorgar una prioridad a las tareas o piezas totales un valor de escala entre 0 y 1000. En realidad la mayoría de los estudios se verán realizados con la misma prioridad para todas las piezas, una prioridad media de 500. Así se definirá, **prioridad 500**. Sin embargo, en algún que otro proyecto en particular se cambian las prioridades de manera "**Descendente**", produciendo con mayor prioridad las piezas que tiene mayor índice de producción y demanda: Metal cerámica (900), Implantes cerámica (800), Zirconio CAD/CAM (600), Carillas (400), Esqueléticos (200).

Finalmente, la sexta estrategia fija la manera de producción, si está relacionada con la **actual** produciendo en la planta las siguientes piezas: Metal cerámica mediante

técnica a la cera perdida, los implantes cerámicos mediante cera perdida (atornillada), piezas de zirconio con tecnología CAD/CAM, además de carillas y prótesis esqueléticas.

Por otra parte, la dirección del laboratorio pretende implementar una nueva propuesta tecnológica para la producción dividida en 2 fases:

Fase 1 solamente produce las piezas de metal cerámica por tecnología CAD / CAM, en lugar de la técnica a cera perdida.

Fase 2 produce piezas de metal cerámica e implante cerámica por tecnología CAD / CAM, en lugar de la técnica a la cera perdida.

Teniendo en cuenta las posibilidades ofrecidas por el abanico de estrategias descritas en este apartado secundario del tercer capítulo se da pie al siguiente apartado de rediseño de las estrategias en proyectos de estudio.

3.3 Rediseño de estrategias

El rediseño de estrategias consiste en describir el entramado sufrido por las diferentes estrategias para finalmente obtener la cantidad de 28 proyectos a estudio de los cuales se extraerán sus resultados obteniendo unas conclusiones que permitirán de optimización de la producción. Analizando el laboratorio en la fase de estudio y recogida de datos se observó que en la producción del laboratorio se trabajaba según la llegada de pedidos de la pieza, sin ningún orden en la fabricación, provocando cuellos de botella en la producción, teniendo unos altos costes de producción, afectando directamente a los costes medios y marginales de cada pieza. Por esta razón, se pensó en el estudio estratégico de la producción para buscar soluciones por la falta de conocimiento del volumen de producción que se manejaba. Vistas las estrategias posibles para el estudio se obtuvieron una cantidad de 28 proyectos distintos como se observa en la tabla 6 de resumen de proyectos. Además se incluirá como se ha visto anteriormente la posibilidad de incorporar nuevas tecnologías y procesos de producción como alternativa a las actuales para ver si son más o menos eficientes y si pueden servir para el caso de un futuro aumento de producción, aunque se intuye como este año 2012 que la producción será baja para los próximos años por la coyuntura económica en España.

En el primer grupo de proyectos nombrado **Proyecto 1** se optó por una estrategia de tipo de fabricación en bloque dividiendo la producción semanal en 5 bloques de producción homogéneos, teniendo una relación directa con los 5 días laborables de la semana. Dentro del Proyecto 1 se estudiaron los tiempos genéricos

(denominado con minúsculas) y los tiempos específicos (denominado con MAYÚSCULAS) tras su medición posterior.

La primera estrategia (“**proyecto 1a**” y “**proyecto 1A**”) consistió en estudiar el proyecto y los recursos según el calendario estándar y con un comienzo al inicio de la fabricación con prioridad 500.

En los “**proyecto 1b**” y “**proyecto 1B**”, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con idénticos comienzos y prioridad de 500.

En los “**proyecto 1c**” y “**proyecto 1C**”, se mantiene el modelo anterior salvo que a los tipos de piezas se les asigna un “comienzo escalonado”, es decir:

- El grupo de producción 1 comienza el lunes día 1.
- El grupo de producción 2 comienza el lunes día 2.
- El grupo de producción 3 comienza el lunes día 3.
- El grupo de producción 4 comienza el lunes día 4.
- El grupo de producción 5 comienza el lunes día 5.

La segunda estrategia de producción se plasmó en el designado grupo **Proyecto 2** un tipo de fabricación continuo, fabricando las 89 piezas de Metal cerámica, 34 Implantes cerámica, 21 piezas de Zirconio CAD/CAM, 21 Carillas y 5 Esqueléticas, redistribuyendo cada pieza individualmente según la libertad de producción de los recursos para la fabricación. Con esta estrategia se pretende acotar la fabricación semanal de valor medio de 170 piezas, sin restringir diariamente la producción de los tipos de piezas que oferta el laboratorio protésico dental. Dentro del proyecto 2 también se estudiaron los tiempos genéricos (minúsculas) y los tiempos específicos (MAYÚSCULAS) tras su medición posterior.

En los “**proyecto 2a**” y “**proyecto 2A**” consistió en estudiar el proyecto y los recursos según el calendario estándar y con un comienzo al inicio de la fabricación con prioridad 500.

En los “**proyecto 2b**” y “**proyecto 2B**”, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con idénticos comienzos y prioridad de 500.

En los “**proyecto 2c**” y “**proyecto 2C**”, se mantiene el modelo anterior salvo que a los tipos de piezas se les asigna una prioridad descendiente:

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Metal cerámica 900, Implantes cerámica 800, Zirconio CAD/CAM 600, Carillas 400, Esqueléticos 200.

La tercera estrategia de producción seguida en el señalado **grupo Proyecto 3**, se basa principalmente en los proyectos vistos “2a”, “2b”, “2A”, “2B” un tipo de fabricación continuo la producción semanal de cada tipo de pieza. Consiste en la introducción en la fabricación de una nueva propuesta tecnológica CAD / CAM para la fabricación de metal cerámica e implantes cerámica. Fabricando las 89 piezas de Metal cerámica por CAD / CAM, 34 Implantes cerámica CAD / CAM, 21 piezas de Zirconio CAD/CAM, 21 Carillas y 5 Esqueléticas, redistribuyendo cada pieza individualmente según la libertad de producción de los recursos para la fabricación. Con esta estrategia se pretende acotar la fabricación semanal de valor medio de 170 piezas, sin restringir diariamente la producción de las tipos de piezas que oferta el laboratorio protésico dental. Al igual que en el proyecto 2 dentro del proyecto 3 se estudiaron los tiempos genéricos (minúsculas) y los tiempos específicos (MAYÚSCULAS) tras su medición posterior.

En los “**proyecto 3a**” y “**proyecto 3A**” se implementó la fabricación de metal cerámica mediante tecnología CAD / CAM. Se estudió el proyecto y los recursos según el calendario estándar, con un comienzo al inicio de la fabricación con prioridad 500.

En los “**proyecto 3b**” y “**proyecto 3B**”, se implementó la fabricación de metal cerámica mediante tecnología CAD / CAM, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con idénticos comienzos y prioridad de 500.

En los “**proyecto 3c**” y “**proyecto 3C**”, se implementó la fabricación de metal cerámica e implante cerámica mediante tecnología CAD / CAM, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con idénticos comienzos y prioridad de 500.

En los “**proyecto 3d**” y “**proyecto 3D**” se implementó la fabricación de metal cerámica e implante cerámica mediante tecnología CAD / CAM, se estudió el proyecto y los recursos según el calendario estándar, con un comienzo al inicio de la fabricación con prioridad 500.

La cuarta estrategia de producción combina estrategias de los grupos proyecto 1 y proyecto 3 resultando el grupo **Proyecto 4**, por primero se optó un tipo de fabricación “en bloque” dividiendo la producción semanal en 5 bloques de producción homogéneos, teniendo una relación directa con los 5 días laborables de la semana. En esta cuarta estrategia solo se utilizarán los tiempos específicos (MAYÚSCULAS) tras su medición posterior. Como en la tercera estrategia se implanta la introducción en la

fabricación de una nueva propuesta tecnológica CAD / CAM para la fabricación de metal cerámica e implantes cerámica.

En el “**proyecto 4A**” se implementó la fabricación de metal cerámica mediante tecnología CAD / CAM. Se estudió el proyecto y los recursos según el calendario estándar, con un comienzo al inicio de la fabricación con prioridad 500.

En el “**proyecto 4B**”, se implementó la fabricación de metal cerámica mediante tecnología CAD / CAM, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con idénticos comienzos y prioridad de 500.

En el “**proyecto 4C**”, se implementó la fabricación de metal cerámica e implante cerámica mediante tecnología CAD / CAM, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con idénticos comienzos y prioridad de 500.

En el “**proyecto 4D**” se implementó la fabricación de metal cerámica e implante cerámica mediante tecnología CAD / CAM, se estudió el proyecto y los recursos según el calendario estándar, con un comienzo al inicio de la fabricación con prioridad 500.

A para los proyectos “4E”, “4F”, “4G”, “4H” se modifica una estrategia en el comienzo de la producción siendo un “comienzo escalonado”.

En el “**proyecto 4E**” se implementó la fabricación de metal cerámica mediante tecnología CAD / CAM. Se estudió el proyecto y los recursos según el calendario estándar, con un “comienzo escalonado” de la fabricación con prioridad 500.

En el “**proyecto 4F**”, se implementó la fabricación de metal cerámica mediante tecnología CAD / CAM, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con “comienzo escalonado” y prioridad de 500.

En el “**proyecto 4G**”, se implementó la fabricación de metal cerámica e implante cerámica mediante tecnología CAD / CAM, cambia el calendario de proyecto y recursos a “calendario proyecto1” con “comienzo escalonado” y prioridad de 500.

En el “**proyecto 4H**” se implementó la fabricación de metal cerámica e implante cerámica mediante tecnología CAD / CAM, se estudió el proyecto y los recursos según el calendario estándar, con un “comienzo escalonado” de la fabricación con prioridad 500.

3.4 Proyectos

Durante este cuarto apartado se analizarán los resultados de cada proyecto en particular. El orden establecido seguirá la tabla 6 de referencia del estudio utilizada a su vez para el rediseño de estrategias visto en el anterior apartado en el cual se desglosó el tipo de estrategia a seguir en cada grupo de proyectos y en cada proyecto individual del mismo. A continuación, se describirán los resultados obtenidos del M.S. Project en cuanto a uso de recursos humanos en la manufactura de las 170 piezas semanales y los costes de producción totales y costes de cada pieza.

Proyecto 1a

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 7388 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 990,67 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 97,08 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,33 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 44,5 horas, R8 con 58,33 horas, R9 con 31,33 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5782,81€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 3294,90€ siendo el coste por pieza de 36,61€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1338,40€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 473,20€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 423€ y 21,15€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,25€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 1b

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 7399 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 990,67 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 97,08 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,33 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con

los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 44,5 horas, R8 con 58,33 horas, R9 con 31,33 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5782,81€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 3294,90€ siendo el coste por pieza de 36,61€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1338,40€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 473,20€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 423€ y 21,15€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,25€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 1c

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 7719 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 990,67 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 117,08 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 108,33 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 52,5 horas, R8 con 71,33 horas, R9 con 39,33 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 9,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 20 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6870,18€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 3960,49€ siendo el coste por pieza de 44,01€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1645,43€ y 47,01€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 473,20€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 490,20€ y 24,51€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 300,80€ y 60,16€ por pieza.

Proyecto 1A

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 4126,8 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 27,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 22,5 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 4998,39€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 2598,81€ siendo el coste por pieza de 28,88€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1100,61€ y 31,45€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,80€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,40€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 1B

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 3979,8 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 26,78 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,08 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,75 horas, R9 con 22,42 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 4976,20€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 2271,60€ siendo el coste por pieza de 25,24€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1095,79€ y 31,31€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,80€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 527,24€ y 26,36€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 227,88€ y 45,58€ por pieza.

Proyecto 1C

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 3371 minutos.

Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 26,73 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,08 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,75 horas, R9 con 22,42 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 4975,41€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 2590,35€ siendo el coste por pieza de 28,78€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1094,39€ y 31,27€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,80€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 526,44€ y 26,32€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 227,88€ y 45,58€ por pieza.

Proyecto 2a

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 9454 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 997,4 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 96,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,5 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 43,92 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 31,4 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5751,31€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 3258,10€ siendo el coste por pieza de 36,61€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1300,27€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,27€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 2b

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 9355 minutos.

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 997,4 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 96,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,5 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 43,92 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 31,4 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5751,31€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 3258,10€ siendo el coste por pieza de 36,61€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1300,27€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,27€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 2c

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 9429 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 997,4 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 96,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,5 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 43,92 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 31,4 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5751,31€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 3258,10€ siendo el coste por pieza de 36,61€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1300,27€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,27€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 2A

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10225,8 minutos.

Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 864,67 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 27,08 horas, El R2 de la sección de CNC 3,5 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 31,98 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 22,58 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,4 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 4993,15€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 2568,53€ siendo el coste por pieza de 28,85€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1071,89€ y 31,59€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,2€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 2B

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10269 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 864,67 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 26,7 horas, El R2 de la sección de CNC 3,5 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 31,98 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 22,58 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,4 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 4987,02€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 2567,47€ siendo el coste por pieza de 28,85€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1066,82€ y 31,38€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Proyecto 2C

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10269 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 864,67 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 26,7 horas, El R2 de la sección de CNC 3,5 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 31,98 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 22,58 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,4 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 4987,02€ repartido por piezas:

Metal cerámica a la cera perdida total 2567,47€ siendo el coste por pieza de 28,85€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1066,82€ y 31,38€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 3a

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 7777 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 2977,65 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 51,55 horas, El R2 de la sección de CNC 4,98 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 21,67 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 41,78 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5682,41€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3189,20€ siendo el coste por pieza de 35,83€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1300,27€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en

total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,23€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 3b

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 7757 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 2977,65 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 51,55 horas, El R2 de la sección de CNC 4,98 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 21,67 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 41,78 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5682,41€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3189,20€ siendo el coste por pieza de 35,83€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1300,27€ y 38,24€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,23€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 3c

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 8082 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 3736,98 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 34,55 horas, El R2 de la sección de CNC 16,88 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 10,33 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 45,75 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5694,81€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3699,20€ siendo el coste por pieza de 35,83€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1612,68€ y 47,43€ por pieza.

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,23€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 3d

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 8008 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 3736,98 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 34,55 horas, El R2 de la sección de CNC 16,88 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 94,7 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 10,33 horas, R8 con 57,4 horas, R9 con 45,75 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5694,81€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3699,20€ siendo el coste por pieza de 35,83€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1612,68€ y 47,43€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 496,94€ y 23,66€ por pieza. Carillas cerámicas en total 442,77€ y 21,08€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 253,23€ y 50,65€ por pieza.

Proyecto 3A

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10428 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 2928,28 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 26,7 horas, El R2 de la sección de CNC 4,98 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 23,08 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 34,45 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5914,56€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3495,02€ siendo el coste por pieza de 39,27€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1066,82€ y 31,38€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 3B

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10428 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 2928,28 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 26,7 horas, El R2 de la sección de CNC 4,98 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 23,08 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 34,45 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5914,56€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3495,02€ siendo el coste por pieza de 39,27€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1066,82€ y 31,38€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 3C

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10533 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 3696,12 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 25 horas, El R2 de la sección de CNC 16,88 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 17,98 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 36,15 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6532,34€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3495,02€ siendo el coste por pieza de 39,27€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1684,60€ y 49,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 3D

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 10448 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 3696,12 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 25 horas, El R2 de la sección de CNC 16,88 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 150,4 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 17,98 horas, R8 con 47,15 horas, R9 con 36,15 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 8,37 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6532,34€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3495,02€ siendo el coste por pieza de 39,27€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1684,60€ y 49,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4A

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 4133 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 27,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 22,5 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el

recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5808,39€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3062,61€ siendo el coste por pieza de 43,03€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1069,23€ y 30,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,8€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,4€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4B

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 4215,6 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 27,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 22,5 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5808,39€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3091,46€ siendo el coste por pieza de 43,35€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1100,61€ y 31,45€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,8€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,4€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4C

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 4414 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 1693,37 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 25,15 horas, El R2 de la sección de CNC 15,58 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 27,08 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 24,25 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6442,02€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3208,81€ siendo el coste por pieza de 46,88€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1734€ y 64,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4D

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 4482 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 1693,37 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 25,15 horas, El R2 de la sección de CNC 15,58 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 27,08 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 24,25 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6442,02€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3208,81€ siendo el coste por pieza de 46,88€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1734€ y 64,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 563,55€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 559,98€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4E

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 3355,4 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 27,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que

representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 22,5 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5808,39€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3408,81€ siendo el coste por pieza de 46,88€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1100,61€ y 31,45€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,8€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,4€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4F

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 3386 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 854,95 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 27,05 horas, El R2 de la sección de CNC 3,33 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 32,33 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 22,5 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 5808,39€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3408,81€ siendo el coste por pieza de 46,88€. Implantes cerámica a la cera perdida (atornillado) total 1100,61€ y 31,45€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,8€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,4€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4G

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 3296,8 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 1693,37 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 25,15 horas, El R2 de la sección de CNC 15,58 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 27,08 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 24,25 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6442,02€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3208,81€ siendo el coste por pieza de 46,88€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1734€ y 64,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,8€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,4€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

Proyecto 4H

El tiempo de producción desde la primera pieza a la última es de 3367 minutos. Así pues resulta que uso de recursos se divide por secciones y en horas de la siguiente forma:

El recurso R0 (tiempo de espera) es de 1693,37 horas. El recurso R1 de la sección de escayola utiliza 25,15 horas, El R2 de la sección de CNC 15,58 horas, el R3 que representa a la sección de cerámica compuesta por 4 trabajadores (R3, R4, R5, R6) necesita de 149,92 horas de trabajo. Similar situación ocurre en la sección de metal con los trabajadores R7, R8, R9 y R10, sin embargo los tiempos de producción se reparten entre R7 con 27,08 horas, R8 con 47,92 horas, R9 con 24,25 horas, siendo R10 la alternativa a cualquiera de los 3. Por último, el control de calidad realizado por el recurso R13 es de 5,42 horas junto con el trabajo realizado por R14 en la oficina que es de 14,17 horas.

En este proyecto se manufacturan 170 piezas con un coste total de 6442,02€ repartido por piezas:

Metal cerámica por CAD / CAM en total 3208,81€ siendo el coste por pieza de 46,88€. Implantes cerámica por CAD / CAM en total 1734€ y 64,55€ por pieza. Zirconio por CAD / CAM en total 536,8€ y 26,84€ por pieza. Carillas cerámicas en total 533,4€ y 26,67€ por pieza. Prótesis removibles esqueléticas en total 229,20€ y 45,84€ por pieza.

3.5 Evaluación y Selección de Estrategias

Proyecto	Tipo	Producción Semanal		Coste por Pieza						
		Tiempo (min)	Coste total (€)	Metal Cerámica		Implantes Cerámica		Zirconi o	Carillas	Esqueléticos
				Cera perdida	CAD / CAM	Atornillado	CAD / CAM	CAD / CAM	Carillas	Esqueléticos
Proyecto 1	a	7388	5.782,81 €	36,61 €		38,24 €		23,66 €	21,15 €	50,65 €
	b	7399	5.782,81 €	36,61 €		38,24 €		23,66 €	21,15 €	50,65 €
	c	7719	6.870,18 €	44,01 €		47,01 €		23,66 €	24,51 €	60,16 €
	A	4127	4.998,39 €	28,88 €		31,45 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	B	3980	4.976,20 €	25,24 €		31,31 €		26,84 €	26,36 €	45,84 €
	C	3371	4.975,41 €	28,78 €		31,27 €		26,84 €	26,32 €	45,84 €
Proyecto 2	a	9454	5.751,31 €	36,61 €		38,24 €		23,66 €	21,08 €	50,65 €
	b	9355	5.751,31 €	36,61 €		38,24 €		23,66 €	21,08 €	50,65 €
	c	9429	5.751,31 €	36,61 €		38,24 €		23,66 €	21,08 €	50,65 €
	A	10226	4.993,15 €	28,85 €		31,59 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	B	10269	4.987,02 €	28,85 €		31,38 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	C	10269	4.987,02 €	28,85 €		31,38 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
Proyecto 3	a	7777	5.682,41 €		35,83 €	38,24 €		23,66 €	21,08 €	50,65 €
	b	7757	5.682,41 €		35,83 €	38,24 €		23,66 €	21,08 €	50,65 €
	c	8082	5.694,81 €		35,83 €		47,43 €	23,66 €	21,08 €	50,65 €
	d	8008	5.694,81 €		35,83 €		47,43 €	23,66 €	21,08 €	50,65 €
	A	10428	5.914,56 €		39,27 €	31,38 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	B	10428	5.914,56 €		39,27 €	31,38 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	C	10533	6.532,34 €		39,27 €		49,55 €	26,84 €	26,67 €	45,84 €
	D	10448	6.532,34 €		39,27 €		49,55 €	26,84 €	26,67 €	45,84 €
Proyecto 4	A	4133	5.808,39 €		43,03 €	30,55 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	B	4216	5.808,39 €		43,35 €	31,45 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	C	4414	6.442,02 €		46,88 €		64,55 €	26,84 €	26,67 €	45,84 €
	D	4482	6.442,02 €		46,88 €		64,55 €	26,84 €	26,67 €	45,84 €
	E	3355	5.808,39 €		46,88 €	31,45 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	F	3386	5.808,39 €		46,88 €	31,45 €		26,84 €	26,67 €	45,84 €
	G	3297	6.442,02 €		46,88 €		64,55 €	26,84 €	26,67 €	45,84 €
	H	3367	6.442,02 €		46,88 €		64,55 €	26,84 €	26,67 €	45,84 €
MEDIA		7039	5.794,89 €	38,02 €		40,82 €		25,70 €	24,78 €	47,90 €

Tabla 8. Tabla resumen de comparación de proyectos. Fuente Propia

Considerando los proyectos descritos en el apartado precedente, se procede al desarrollo de la evaluación de las estrategias y su selección en función de los objetivos

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

del laboratorio, de esta forma, la señalización cromática necesaria para la apreciación de los resultados recogidos por la Tabla 7 resumen para la comparación de resultados de todas las estrategias definidas en los distintos proyectos de estudio para la producción en Migros dental, será la siguiente:

Verde = Óptimo; Ambar = Medianamente Óptimo; Rojo = Menos Óptimo.

Precisamente en dicha comparativa de rendimiento (de los proyectos estudiados formado por grupos de estrategias) se obtiene conjuntamente de la **tabla 7** mencionada **y las tablas de uso de recursos en proyectos del ANEXO II**. Seguidamente se contrastan los resultados obtenidos:

Grupo estratégico primero

Corresponde al **tipo de fabricación** como se ha visto anteriormente se dividen en **tipo Bloques y tipo Continuo**. Los proyectos seleccionados con el tipo de fabricación por Bloques son los “proyectos 1” y “proyectos 4”. En la tabla 7 se aprecia un mayor descenso en los tiempos de fabricación, casi todos muy por debajo de la media de producción. Provocando una menor acumulación de horas sobre los recursos del laboratorio, exceptuando en los casos de tiempos específicos. Sin embargo, los proyectos que tienen el tipo por fabricación continua son los “proyectos 2” y “proyectos 3” encontrándose los tiempos de fabricación todos por encima de la media.

Grupo estratégico segundo

Recae sobre los **tiempos de fabricación**, estos son **tiempos genéricos y tiempos específicos**. Los tiempos genéricos afectan a los proyectos con letras *minúsculas* “proyectos 1a, 1b, 1c”, “proyectos 2a, 2b, 2c” y “proyectos 3a, 3b, 3c, 3d”. Se caracterizan por desarrollar un tiempo de producción medio-alto, con unos costes de producción totales medios. Las piezas de metal cerámica tienen un coste medio de 35 €-36 € cercano a la media de 38,02 €. Lo mismo ocurre con los implantes, tienen un coste medio de 38,24 € cercano a la media de 40,82 €. Las piezas de Zirconio y las Carillas se encuentran en su coste de producción mas bajo. 23.66€ y 21.15€ respectivamente. Por último las piezas de esqueléticos con las más caras con un coste de 50,65€. Respecto a los tiempos acumulados por los trabajadores en la manufactura se concluye que se sitúan por encima que los proyectos con tiempos específicos menos en el caso de la sección de cerámica, la cual es la única que siempre se encuentra en un tiempo menos a sus equivalentes proyectos pero con tiempos específicos. también es llamativo como en el recurso R1 de la sección de escayola existe un salto tan grande en horas acumuladas. Dichos tiempos específicos corresponden a los proyectos con letras mayúsculas: “proyectos 1A, 1B, 1C”, “proyectos 2A, 2B, 2C”, “proyectos 3A, 3B, 3C, 3D” y “proyectos

4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H". Se observa un amplio abanico que va desde el más óptimo de los resultados al menos óptimo. Se reduce un 10% los costes de piezas esqueléticas, las cuales son las menores con 45,84€, sin embargo aumentan un 26,5% en Carillas y 13,4% en Zirconio CAD/CAM. En cuanto al uso de recursos R8 siempre se encuentra por debajo de los proyectos idénticos pero de tiempos genéricos.

Grupo estratégico tercero

Concierne al **calendario laboral** con 2 opciones: Estándar y Proyecto1. Dichos calendarios representan al actual y al proyectado como alternativa primera.

El calendario estándar compete los "proyectos 1a, 1A", "proyectos 2a, 2A," "proyectos 3a, 3A, 3d, 3D" y "proyectos 4A, 4D, 4E, 4H". El calendario proyecto1 corresponde a los "proyectos 1b, 1c, 1B, 1C", "proyectos 2b, 2c, 2B, 2C", "proyectos 3b, 3B, 3c, 3C" y "proyectos 4B, 4C, 4F, 4G". Sus comportamientos son parecidos en algunos aspectos uno es ligeramente superior al otro en tiempo de producción y costes, y en otros ligeramente inferior. En referencia a los recursos, no hay mucha diferencia de realizar un calendario u otro. En definitiva no es un factor crítico, o estrategia crítica.

Grupo estratégico cuarto

El comienzo de las tareas en la fabricación de las piezas y se divide en: **comienzo en inicio y comienzo escalonado**. El comienzo en inicio incumbe a todos los proyectos menos a los "proyectos 1c, 1C" y "proyectos 4E, 4F, 4G, 4H". Se observa como en el tipo de fabricación por bloques los tiempos de fabricación excepto en el "proyecto 1c", son minimamente superiores a igualdad de costes de producción, la mayor diferencia se encuentra en la reducción de los tiempos la estrategia del proyecto 4 donde se reduce el tiempo de producción en un 25,3%. Entonces en el comienzo escalonado los "proyectos 1c, 1C" y "proyectos 4E, 4F, 4G, 4H" disminuyen los tiempos de producción semanal con el mismo coste de producción total, menos el proyecto de tiempo genérico "proyecto 1c".

Grupo estratégico quinto

El grupo pertenece a la asignación de prioridades a los distintos tipos de piezas a fabricar. Se divide en prioridad 500 y prioridad descendente. La prioridad 500 concierne a todos proyectos menos a los "proyectos 2c, 2C". Se concluye a la vista de los resultados que no se concreta ninguna mejora real por poner a las piezas con mayor demanda mayor prioridad y menor demanda menor prioridad. Los costes de fabricación por pieza son idénticos que con prioridad media de 500 sobre 1000.

Respecto a la prioridad descendente de los "proyectos 2c, 2C", no existe mejora real alguna por poner a las piezas con mayor demanda mayor prioridad y menor demanda

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

menor prioridad (900-800-600-400-200). Los costes de fabricación por pieza son idénticos que con prioridad media de 500.

Grupo estratégico sexto

Finalmente, el último grupo atañe al tipo de producción que se desea, siendo la producción actual, Metal Cerámica por CAD / CAM, o bien Metal Cerámica + Implante Cerámica por CAD / CAM. La producción tipo actual corresponde a todos los “proyectos 1” y “proyectos 2”. Según los resultados obtenidos se concluye que los costes de fabricación están todos por debajo de la media de los 28 proyectos analizados. Abarca desde tiempos de fabricación muy bajos (óptimos) y tiempos muy altos, pero a bajo coste, en función del tipo de fabricación (bloques o Continuo), los costes por piezas en metal e implantes cerámicos son menores que mediante CAD / CAM, manteniendo el Zirconio, las carillas y esqueléticos en sus costes según el resto de estrategias propias. La producción de Metal Cerámica cambia a CAD / CAM, los proyectos correspondientes son los “proyectos 3a, 3A, 3b, 3B” y “proyectos 4A, 4B, 4E, 4F”. Por la implantación de la fabricación de metal cerámicos por CAD / CAM, los costes de la pieza aumentan mientras el resto de piezas se mantiene a un coste constante, lo que provoca un aumento del coste total de producción, aunque se distingue que según el tipo de fabricación (Bloques o Continuo) los tiempos de producción disminuyen bastante, pero los costes por pieza son mayores que en fabricación continua, donde los tiempos de fabricación se duplican obteniendo una disminución en el coste de la pieza de metal cerámica entre un 16- 17,3% . Definitivamente el último tipo de producción que realiza las piezas de metal cerámica e implante cerámica por la técnica CAD / CAM. Donde toca a los “proyectos 3c, 3C, 3d, 3D” y “proyectos 4C, 4D, 4G, 4H”. Debido a la implantación de la nueva propuesta tecnológica para fabricación de metal e implantes cerámicos por CAD / CAM, los costes de la pieza aumentan mientras el resto de piezas se mantiene constante, lo que provoca un aumento del coste total de producción, aunque difiere según el tipo de fabricación (Bloques o Continuo) que los tiempos de producción disminuyan hasta obtener tiempos muy óptimos, o por el contrario, tiempos excesivamente altos y nada recomendados para su implantación.

3.6 Optimización: Conclusiones

En referencia a los proyectos estudiados en la tabla 6a y 6b así como en la tabla 7 de comparación de resultados, los tiempos de fabricación, los costes totales y por pieza, junto con la valoración del uso de recursos (analizados en el apartado previo 3.5: Evaluación y selección de estrategias), se deben tener en cuenta los siguientes puntos para obtener un aumento de la eficiencia de producción y una minimización de los costes.

Estableciendo como base de los objetivos planteados por la dirección del laboratorio un estudio de optimización de la producción de su actual modelo de fabricación, se selecciona el **“Proyecto 2a”** (tabla 6ª y 6b) como **proyecto más afín al patrón actual de producción** en comparación con las conclusiones obtenidas del estudio del presente capítulo.

Inicialmente cabe destacar que los **“Proyectos 1 y 4 con tiempos específicos”** (tabla 6ª y 6b), presentan los tiempos de fabricación menores, reduciéndose un 59,5% respecto al proyecto referencia **“Proyecto 2a”** en función de la media ponderada del tiempo.

Por otra parte, **para aumentar el beneficio** considerablemente, corresponde **minimizar los costes totales de la manufactura semanal, siendo los “Proyectos 1 y 2 específicos”** (tabla 6ª y 6b), los que reducen un 13,3% el coste total respecto al proyecto referencia.

No obstante, si la dirección decidiera optar por una política de costes, en la cual **primara el coste de una pieza en particular, el proyecto más óptimo para piezas de metal** cerámica por la técnica a cera perdida es el **“Proyecto 1B”** (tabla 6ª y 6b), con un costo de 25,24€/unidad,

Si la dirección decidiera optar por una política de costes, en la cual **primara el coste de una pieza en particular, el proyecto más óptimo para las piezas fabricadas por la técnica CAD / CAM son los “Proyectos 3 de tiempos genéricos”** (tabla 6ª y 6b), con un coste por pieza de 35,83€.

Para los implantes cerámicos mediante la técnica de la cera perdida (atornillados) es óptimo el “proyecto 1C” (tabla 6ª y 6b), con un coste de 31,27€/unidad

Seguidamente **para los implantes cerámicos mediante con la técnica del CAD / CAM los “Proyectos 3c y 3d”** obtienen un coste de 47,43€/unidad.

Sin embargo, cuando se fabrican piezas **de zirconio siempre será óptimo mientras se realice la producción bajo tiempos genéricos**, con un coste individual de cada pieza de 23,66€. Exactamente igual acontece con la gama de **carillas cerámicas** en las que se observa que **bajo los tiempos genéricos se optimiza su fabricación** con un coste de

Capítulo 3: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

21,08€ por unidad. Todo lo contrario ocurre con las **prótesis removibles esqueléticas**, las cuales **se optimizan para los tiempos específicos** con un coste de 45,84€.

En pos, se compara el **uso de los recursos** humanos del laboratorio respecto al “proyecto 2a” de referencia, es decir, la optimización de la carga de trabajo de dichos recursos. Comenzando por el recurso espera **R0** el mínimo valor se consigue en los proyectos 1A, 1B, 1C, 4A, 4B, 4E, 4F y son 854,95 horas acumuladas un 14,3% menos que el proyecto de referencia. El recurso **R1** de la sección de escayola reduce un 73,9% el tiempo de 96,05 horas a 25 bhoras en los proyectos 3C y 3D. el recurso responsable de la CNC, es decir, **R2** disminuye un 5,7% de 3,5 horas a 3,3 en todos el grupo de proyectos 1 además de los proyectos 4A, 4B, 4E, 4F. La sección de cerámica representada por **R3** compuesta por 4 trabajadores, se encuentra optimizada en 2 y 3 con tiempos genéricos, por lo tanto el proyecto 2a de referencia que se encuentra incluido nos aporta que no hay cambio o disminución, se mantiene en 94,7 horas acumuladas de trabajo. El recurso **R7** de la sección de metal localiza su óptimo en los proyectos 3c y 3d con un descenso del 76,5% de 43,92 horas a 10,33 horas. También en la sección de metal el recurso **R8** disminuye de 57,4 horas a 47,15 horas, un 17,8% y esto sucede en los proyectos 2 y 3 con tiempos específicos. A su vez el **R9** de la sección de metal reduce un 28,3% de 31,4 horas a 22,42 en los proyectos 1B, 1C. **R13** responsable del control de calidad baja de 8,37 horas acumuladas a 5,4 horas, osea, un 35,5% de reducción respecto al proyecto referencia. En la oficina el **R14** baja de 17 horas a 14,17 horas, optimiza un 16,6%.

Finalmente, se concluye que el proyecto más óptimo de todo el estudio es el **“Proyecto 1C”** con tiempo de producción semanal mínimo de 3371 min y un coste de fabricación para las 170 piezas dentales de 4975.41 €. Aumenta la productividad un 64,4% y disminuyen los costes un 13,5% respecto al modelo actual.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1 Conclusiones Finales

Terminado el estudio de planificación estratégica integral se concluye que se halla un modelo de producción de producción más óptimo y rentable que el actualmente desarrollado. El proyecto estudiado en cuestión es el “Proyecto 1C” con tiempo de producción semanal mínimo de 3371 min y un coste de fabricación para las 170 piezas dentales de 4975.41 €.

Afinando en la conclusión, el proyecto optimizado realiza una producción afín a la actual (sin nuevas implantaciones tecnológicas en la manufactura) con un tipo de fabricación por bloques dejando atrás el tipo continuo, sus tiempos por tarea son específicos (revisión de los genéricos) y tiene en cuenta el calendario propuesto como calendario proyecto (disminuyendo una hora el intermedio de la comida), a su vez mantiene por igual la prioridad en todas las piezas, pero cambiando el comienzo inicial de las mismas a un comienzo escalonado.

Con todos los cambios en las estrategias se logran los objetivos propuestos al inicio por la dirección del laboratorio:

Capítulo 4: Conclusiones del proyecto

- El objetivo principal la productividad de los recursos humanos del laboratorio aumenta muy por encima del 15% estimado, obteniendo un 64,4% , pues se evitan los cuellos de botella en la línea de producción de cada sección.
- Se alcanza un mayor beneficio ya que disminuyen los costes de producción más de un 13% (mejora el 10% estimado).
- Dada la gran cantidad de información relevante de la producción recogida, se amplía el control sobre el laboratorio. Almacenando las bases de datos para posibles futuros estudios.
- A partir del desarrollo claro de estrategias se adquiere la posibilidad de elegir estrategias para futuras variaciones en la capacidad de producción.

CAPÍTULO 5

TRABAJOS FUTUROS

5.1 Trabajos Futuros

En este apartado se valoran la cantidad de actualizaciones que ofrece el proyecto al igual que nuevas posibilidades dadas por el modelo de estudio utilizado.

Primeramente, reseñar que el estudio de *optimización y rediseño de procesos de producción* con el primordial fin de aumentar su productividad, a la vez que se reducen los costes, acumulando información vital para la empresa. Toda la información recopilada es útil para analizar y controlar la situación presentes que no se estén realizando correctamente y puedan mejorarse.

Todo ello se realiza en un plazo anual, por lo que una de las primeras posibilidades que se ofrece es extenderlo en uno o varios años y ver la perspectiva que resulta. Dado que es un modelo estructurado y de fácil aprendizaje por uso de la herramienta Microsoft Project, proporcionando un sustancial ahorro en la redistribución de recurso dentro de los diagramas de Gantt, pudiendo abarcar una gran cantidad de datos a la vez. Sin olvidar la oportunidad de incluir nuevas variables (mas o menos máquinas o recursos humanos), al igual que nuevas estrategias de producción.

Se podría mejorar el análisis de producción y de demanda aumentando el volumen de datos actualizando con reportes semanales, mensuales, cuatrimestrales y anuales.

Capítulo 5: Trabajos futuros

Como el proyecto se realiza en una PyME (pequeña y mediana empresa) del sector tecnológico dental también se puede aplicar a otros sectores de la industria y de la empresa, dado que por ejemplo en España la mayoría de las empresas son PyME's.

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO

6.1 Presupuesto del proyecto

A continuación se desgana el presupuesto en 2 grupos de gasto distintos, el primero el correspondiente a la mano de obra en cuanto a horas de esfuerzo dedicados enteramente al proyecto y el segundo grupo lo concierne al material necesario y utilizado en el mismo.

Por tal razón se realiza un cálculo preciso de las horas trabajadas en los 6 meses de duración desde el comienzo hasta su conclusión, con un horario de trabajo de 8 horas diarias durante los 5 días laborables de lunes a viernes. Contando que hay 25 semanas en esos 6 meses.

25 semanas X 5 días/semana X 8 horas/día = 1000 horas de trabajo.

A las horas de trabajo hay que multiplicar el coste bruto al que un ingeniero industrial superior recién licenciado cobra por hora en una consultoría, el cual es de 9,375€/hora

1000 horas X 9,375€/hora = 9375 € de mano de obra.

A este coste hay que añadir el segundo grupo de coste material el cual está compuesto por el precio de un portátil que pueda sostener el programa M.S. Project

Capítulo 6: presupuesto

2010, es decir, unos 400€ de un portátil y la licencia del programa que asciende a un montante de 1067 al año.

Por lo tanto la suma final es: **$9375€ + 400€ + 1067€ = 10842€$**

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de **DIEZ MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS.**

Leganés a X de septiembre de 2012

Federico Ramón San Andrés Cabañas.

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFÍA

7.1 Bibliografía

Seguidamente se incluye la bibliografía utilizada en función de los campos utilizados en el proyecto según las asignaturas que contenían dichos campos:

Automática:

- REGH, A.J. Computer-Integrated Manufacturing. Prentice Hall, 2001.
- <http://plan-maestro-de-produccion.blogspot.com.es/2010/04/55-plan-maestro-de-produccion.html>
- SINGH, N. ¿Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing¿. Ed. John Wiley & Sons,1996.
- CHRYSSOLOURIS, G. ¿Manufacturing systems. theory and practice¿. Ed. New York [etc.]. Springer, cop. 1992.
- ESCALERA, A... Visión por computador. Prentice-Hall, 2001.
- GROOVER, M.P., ¿Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing¿, Ed. Prentice Hall, International Editions, 1987.
- REMBOLD, U. Computer-Integrated Manufacturing Technology and Systems. Marker Dekker, 1985.
- REMBOLD, U., NNAJI, B.O., STORR, A. Computer Integrated Manufacturing and Engineering. Addison-Wesley, 1993.
- SCHEER, A.W. CIM-Toward the Factory of the Future. Springer Verlag, 1991.

Proyectos:

- CARRASCO, J.; RAMOS, R.. Manual de planificación y gestión de proyectos administrativos. Instituto Nacional de Administración Pública. España. 1986.
- Documentación entregada por el profesor.
- HEREDIA, R. Dirección Integrada de Proyecto. DIP. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM. España. 3ª edición. 1999..
- KERZNER, H.. Project Management . A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling.. John Wiley & Son, 2001.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.. PMBOK Guide. A Guide to the Project Management Body of Knowledge.. Project Management Institute, 2004.

Dirección comercial:

- KOTLER, PHILIP.. "Dirección de marketing". Prentice Hall Iberia. España. Edición del milenio. 2000.
- MUNUERA ALEMÁN, JOSÉ LUIS. "Estrategias de marketing: teoría y casos". Pirámide. España. 2002.

Dirección y sistemas de Información:

- Laudon, K.C.; Laudon, J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. Prentice Hall.2008
- Manual Microsof Project 2012

7.2 Referencias

[KOTL] KOTLER, PHILIP. "Dirección de marketing". Prentice Hall Iberia. España. Edición del milenio. 2000. [21 de septiembre de 2012]

[REGH-CIM] REGH, A. R.. Computer-Integrated Manufacturing, Prentice Hall, 2001

CAPÍTULO 8

ANEXOS

8.1 Anexo I: Hojas de ruta

METAL CERÁMICA				
Coronas/Puentes CERA PERDIDA				
Procesos	Tiempos genericos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA x5	1
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	15
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	5
Rebajado muñon	2	R7	METAL	8
Diseño en cera y colocacion cilindro	15	R7	METAL	6
Vaciado revestimiento	5	R1	METAL x12	0,3
Horno - Precalentamiento revestimiento	60	R0	ESPERA x12	3,75
Colado	10	R1	METAL x12	0,8
Enfriamiento colado	45	R0	ESPERAx12	45
Desmontaje y chorreado cilindro	15	R1	METAL x12	0,4
Corte bebedero y ajuste	10	R9	METAL	5
Repasado para ceramica	5	R8	METAL	5
Chorreado y colocación horno	5	R8	METAL	2
Horno - Oxidación	15	R0	ESPERA	20
Chorreado y opaco wash	8	R8	METAL	3
Horno - Cocción wash	25	R0	ESPERA	25
Segundo opaco	5	R8	METAL	3
Horno - Cocción opaco	25	R0	ESPERA	25
Montaje cerámica primera capa	10	R3	CERAMICA	15
Horno - Cocción primera capa	30	R0	ESPERA	30
Repasado primero	5	R3	CERAMICA	10
Montaje cerámica rectificación	4	R3	CERAMICA	10
Horno - Cocción segunda	30	R0	ESPERA	30
Repasado final	8	R3	CERAMICA	15
Aplicación glaseado	4	R3	CERAMICA	1
Horno - Cocción glaseado	30	R0	ESPERA	25
Pulido ribete y chorreado interno	5	R8	METAL	10
Control de calidad	3	R13	CONTROL DE CALIDAD	1
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	425			325,3

METAL CERÁMICA CAD/CAM				
Coronas/Puentes CAD-CAM				
Procesos	Tiempos genericos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA	1
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	15
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	5
Rebajado muñon	2	R7	METAL	8
Escaneo y diseño CAD	12	R9	METAL	8
Envio archivo stl outsourcing	1	R2	CNC	1
Tiempo recepción pieza (24h)	1440	R0	ESPERA	1440
Ajuste pieza	5	R9	METAL	5
Repasado para ceramica	5	R8	METAL	5
Chorroado y colocación horno	5	R8	METAL	2
Horno - Oxidación	15	R0	ESPERA	20
Chorroado y opaco wash	8	R8	METAL	3
Horno - Cocción wash	25	R0	ESPERA	25
Segundo opaco	5	R8	METAL	3
Horno - Cocción opaco	25	R0	ESPERA	25
Montaje cerámica primera capa	10	R3	CERAMICA	15
Horno - Cocción primera capa	30	R0	ESPERA	30
Repasado primero	5	R3	CERAMICA	10
Montaje cerámica rectificación	4	R3	CERAMICA	10
Horno - Cocción segunda	30	R0	ESPERA	30
Repasado final	8	R3	CERAMICA	15
Aplicación glaseado	4	R3	CERAMICA	1
Horno - Cocción glaseado	30	R0	ESPERA	25
Pulido ribete y chorroado interno	5	R8	METAL	10
Control de calidad	3	R13	CONTROL DE CALIDAD	3
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	1723			1720

IMPLANTES CERÁMICA				
CORONA O PUENTE ATORNILLADO				
Procesos	Tiempos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Colocación silicona en implante	2	R1	ESCAYOLA	3
Fraguado silicona rosa	20	R0	ESPERA	13
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA	1
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	15
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	5
Diseño en cera y colocacion cilindro	20	R7	METAL	9
Vaciado revestimiento	5	R1	METAL	0,8
Horno - Precalentamiento revestimiento	60	R0	ESPERA	45
Colado	10	R1	METAL	2
Enfriamiento colado	45	R0	ESPERA	45
Desmontaje y chorreado cilindro	15	R1	METAL	1
Corte bebedero y ajuste	10	R9	METAL	10
Repasado para ceramica	5	R8	METAL	5
Chorreado y colocación horno	5	R8	METAL	2
Horno - Oxidación	15	R0	ESPERA	20
Chorreado y opaco wash	8	R8	METAL	3
Horno - Cocción wash	25	R0	ESPERA	20
Segundo opaco	5	R8	METAL	3
Horno - Cocción opaco	25	R0	ESPERA	20
Montaje cerámica primera capa	10	R3	CERAMICA	15
Horno - Cocción primera capa	30	R0	ESPERA	30
Repasado primero	5	R3	CERAMICA	10
Montaje cerámica rectificación	4	R3	CERAMICA	10
Horno - Cocción segunda	30	R0	ESPERA	30
Repasado final	8	R3	CERAMICA	15
Aplicación glaseado	4	R3	CERAMICA	1
Horno - Cocción glaseado	30	R0	ESPERA	25
Pulido ribete y chorreado interno	5	R8	METAL	10
Control de calidad	4	R13	CONTROL DE CALIDAD	4
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	451			377,8

IMPLANTES CERÁMICA CAD/CAM				
IMPLANTES CERÁMICA CAD/CAM				
Procesos	Tiempos genericos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Colocación silicona en implante	2	R1	ESCAYOLA	3
Fraguado silicona rosa	20	R0	ESPERA	13
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA	1
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	15
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	5
Escaneo y diseño CAD	12	R9	METAL	8
Unir piezas para sinterizar	5	R2	CNC	5
Envío archivo stl outsourcing	1	R2	CNC	1
Tiempo recepción pieza (24h)	1440	R0	ESPERA	1440
Preparación CAM	15	R2	CNC	15
Mecanizado pieza CNC	5	R0	ESPERA	5
Corte pieza y ajuste	5	R9	METAL	5
Repasado para ceramica	5	R8	METAL	5
Chorroado y colocación horno	5	R8	METAL	2
Horno - Oxidación	15	R0	ESPERA	20
Chorroado y opaco wash	8	R8	METAL	3
Horno - Cocción wash	25	R0	ESPERA	20
Segundo opaco	5	R8	METAL	3
Horno - Cocción opaco	25	R0	ESPERA	20
Montaje cerámica primera capa	10	R3	CERAMICA	15
Horno - Cocción primera capa	30	R0	ESPERA	30
Repasado primero	5	R3	CERAMICA	10
Montaje cerámica rectificación	4	R3	CERAMICA	10
Horno - Cocción segunda	30	R0	ESPERA	30
Repasado final	8	R3	CERAMICA	15
Aplicación glaseado	4	R3	CERAMICA	1
Horno - Cocción glaseado	30	R0	ESPERA	25
Pulido ribete y chorroado interno	5	R8	METAL	10
Control de calidad	4	R13	CONTROL DE CALIDAD	4
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	1769			1744

ZIRCONIO CERÁMICA				
Coronas/Puentes CAD-CAM				
Procesos	Tiempos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA	1
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	15
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	5
Rebajado muñon	2	R7	METAL	2
Escaneo y diseño CAD	12	R9	METAL	8
Preparación CAM y maquina zirconio	10	R2	CNC	10
Fresado maquina	14	R0	ESPERA	10
Corte de disco	2	R9	METAL	2
Secado pieza	45	R0	ESPERA	60
Aplicación colorante	5	R9	METAL	5
Secado pieza	45	R0	ESPERA	60
Horno - Sinterizado	600	R0	ESPERA	600
Ajuste pieza	5	R9	METAL	5
Montaje cerámica primera capa	10	R3	CERAMICA	15
Horno - Cocción primera capa	30	R0	ESPERA	30
Repasado primero	5	R3	CERAMICA	10
Montaje cerámica rectificación	4	R3	CERAMICA	10
Horno - Cocción segunda	30	R0	ESPERA	30
Repasado final	8	R3	CERAMICA	15
Aplicación glaseado	4	R3	CERAMICA	1
Horno - Cocción glaseado	30	R0	ESPERA	25
Control de calidad	3	R13	CONTROL DE CALIDAD	3
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	910			922

CARILLAS				
CARILLAS				
Procesos	Tiempos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA	1
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	15
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	8
Rebajado, encerado y preparación duplicado	15	R3	CERÁMICA	15
Endurecimiento silicona	50	R0	ESPERA	50
Vaciado silicona con revestimiento	5	R3	CERÁMICA	5
Fraguado revestimiento	20	R0	ESPERA	30
Horno - desgasificación revestimiento	50	R0	ESPERA	55
Montaje cerámica primera capa	10	R3	CERAMICA	10
Horno - Cocción primera capa	30	R0	ESPERA	30
Montaje cerámica segunda capa	5	R3	CERAMICA	20
Horno - Cocción segunda	30	R0	ESPERA	30
Repasado final	8	R3	CERAMICA	10
Aplicación glaseado	5	R3	CERAMICA	5
Horno - Cocción glaseado	30	R0	ESPERA	25
Ajuste y pulido final	10	R3	CERÁMICA	15
Control de calidad	1	R13	CONTROL DE CALIDAD	1
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	315			330

ESQUELÉTICAS				
ESQUELÉTICAS				
Procesos	Tiempos (min)	Recurso	Sección	Tiempos específicos (min)
Vaciado impresiones	5	R1	ESCAYOLA	5
Fraguado escayola	30	R0	ESPERA	5
Preparar modelo laboratorio	5	R1	ESCAYOLA	15
Espaciado con cera	5	R7	METAL	5
Duplicado modelo	5	R1	METAL	5
Endurecimiento silicona	60	R7	METAL	45
Vaciado silicona con revestimiento	6	R1	METAL	5
Fraguado revestimiento	30	R0	ESPERA	45
Horno - Precalentamiento revestimiento	45	R0	ESPERA	45
Inmersión para endurecer	5	R1	METAL	5
Secado	20	R0	ESPERA	20
Diseño con cera	15	R7	METAL	15
Preparación cilindro	15	R1	METAL	15
Vaciado revestimiento	5	R1	METAL	4
Horno - Precalentamiento revestimiento	60	R0	ESPERA	60
Colado	10	R1	METAL	10
Enfriamiento colado	45	R0	ESPERA	45
Desmontaje y chorreado cilindro	15	R1	METAL	5
Corte bebedero y ajuste	10	R9	METAL	5
Repasado y pulido	20	R9	METAL	25
Control de calidad	3	R13	CONTROL DE CALIDAD	3
Facturación y empaquetado	6	R14	OFICINA	5
	420			392

8.2 Anexo II: Uso de recursos en Proyectos

USO DE RECURSOS (horas)		Proyecto 1			PROYECTO 1		
Recurso	Sección	a	b	c	A	B	C
Producción (Min)		7388	7399	7719	4126,8	3979,8	3371
R0	ESPERA	990,67	990,67	990,67	854,95	854,95	854,95
R1	ESCAYOLA	97,08	97,08	117,08	27,05	26,78	26,73
R2	CNC	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
R3	CERÁMICA	94,33	94,33	108,33	149,92	149,08	149,08
R7	METAL	44,5	44,5	52,5	32,33	32,33	32,33
R8		58,33	58,33	71,33	47,92	47,75	47,75
R9		31,33	31,33	39,33	22,5	22,42	22,42
R13	CONTROL DE CALIDAD	8,42	8,42	9,42	5,42	5,42	5,42
R14	OFICINA	17	17	20	14,17	14,17	14,17

USO DE RECURSOS (horas)		Proyecto 2			PROYECTO 2		
Recurso	Sección	a	b	c	A	B	C
Producción (Min)		9454	9355	9429	10225,8	10269	10269
R0	ESPERA	997,4	997,4	997,4	864,67	864,67	864,67
R1	ESCAYOLA	96,05	96,05	96,05	27,08	26,7	26,7
R2	CNC	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
R3	CERÁMICA	94,7	94,7	94,7	150,4	150,4	150,4
R7	METAL	43,92	43,92	43,92	31,98	31,98	31,98
R8		57,4	57,4	57,4	47,15	47,15	47,15
R9		31,4	31,4	31,4	22,58	22,58	22,58
R13	CONTROL DE CALIDAD	8,37	8,37	8,37	5,4	5,4	5,4
R14	OFICINA	17	17	17	14,17	14,17	14,17

USO DE RECURSOS (horas)		Proyecto 3				PROYECTO 3			
Recurso	Sección	a	b	c	d	A	B	C	D
Producción (Min)		7777	7757	8082	8008	10428	10428	10533	10448
R0	ESPERA	2.977,65	2.977,65	3.736,98	3.736,98	2.928,28	2.928,28	3.696,12	3.696,12
R1	ESCAYOLA	51,55	51,55	34,55	34,55	26,7	26,7	25	25
R2	CNC	4,98	4,98	16,88	16,88	4,98	4,98	16,88	16,88
R3	CERÁMICA	94,7	94,7	94,7	94,7	150,4	150,4	150,4	150,4
R7	METAL	21,67	21,67	10,33	10,33	23,08	23,08	17,98	17,98
R8		57,4	57,4	57,4	57,4	47,15	47,15	47,15	47,15
R9		41,78	41,78	45,75	45,75	34,45	34,45	36,15	36,15
R13	CONTROL DE CALIDAD	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37
R14	OFICINA	17	17	17	17	14,17	14,17	14,17	14,17

USO DE RECURSOS (horas)		PROYECTO 4							
Recurso	Sección	A	B	C	D	E	F	G	H
Producción (Min)		4133	4215,6	4414	4482	3355,4	3386	3296,8	3367
R0	ESPERA	854,95	854,95	1.693,37	1.693,37	854,95	854,95	1.693,37	1.693,37
R1	ESCAYOLA	27,05	27,05	25,15	25,15	27,05	27,05	25,15	25,15
R2	CNC	3,33	3,33	15,58	15,58	3,33	3,33	15,58	15,58
R3	CERÁMICA	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92
R7	METAL	32,33	32,33	27,08	27,08	32,33	32,33	27,08	27,08
R8		47,92	47,92	47,92	47,92	47,92	47,92	47,92	47,92
R9		22,5	22,5	24,25	24,25	22,5	22,5	24,25	24,25
R13	CONTROL DE CALIDAD	5,42	5,42	5,42	5,42	5,42	5,42	5,42	5,42
R14	OFICINA	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17

